



FACULTAD DE INGENIERIA

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
MECÁNICA Y ELÉCTRICA**

**“EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA LA
GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD UTILIZANDO LA ENERGIA
EÓLICA PARA LA HACIENDA MEMBRILLAR - LA LIBERTAD,
OTUZCO, SINSICAP”**

**TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

AUTOR:

SILER JAMER REGALADO HERRERA

ASESOR:

ING. ELBER RICHARD BRAVO LÓPEZ

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

GENERACIÓN, TRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN

CHICLAYO – PERÚ

2015

APROVACIÓN DE LA TESIS

El asesor y los miembros del jurado evaluador asignados, APRUEBAN la tesis desarrollada por el Sr. Siler Jamer Regalado Herrera, denominada:

EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA LA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD UTILIZANDO LA ENERGIA EÓLICA PARA LA HACIENDA MEMBRILLAR - LA LIBERTAD, OTUZCO, SINSICAP

Ing. Cesar Sialer Díaz
PRESIDENTE

Ing. James S. Celada Padilla
SECRETARIO

Ing. Adrian Zapata Sernaque
VOCAL

DEDICATORIA

Dedico la presente tesis a Dios por brindarme sabiduría, inteligencia, salud y acompañarme en este trayecto de mi vida.

A mi querida esposa y mis hijos por haberme dado esa fuerza para seguir adelante y llevar a cabo mi sueño de toda la vida.

A mi madre, por su amor, apoyo y sabios consejos, porque ellos han sido ejemplo de nobleza y sacrificio.

A todas las personas que de una u otra manera me han ayudado con su motivación y críticas constructivas que me hacen ver lo bueno y lo malo de las cosas que se presentan en mi camino.

Siler Jamer Regalado Herrera

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mis agradecimientos a Dios quien es mi guía espiritual y por cuidarme a cada momento.

A mis queridos compañeros de aula con las que compartí gratos momentos que no olvidare.

De manera muy especial a los docentes. Que impartieron conocimientos valiosos, experiencia y confianza.

Quiero hacer extensiva mi gratitud eterna a mi querida Madre, mi esposa, mis Hijos y a los Sr. Loyola Llanos y su esposo Asunción Silva, por su apoyo incondicional.

También expreso mi gratitud a la Universidad Cesar Vallejo que me brindó la oportunidad la oportunidad de seguir mis sueños y ser alguien en la vida.

Siler Jamer Regalado Herrera

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Siler Jamer Regalado Herrera, identificado con DNI N° 41170865, me comprometo a cumplir con las disposiciones consideradas en el reglamento de grados y títulos de la Universidad Cesar Vallejo facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, declaro bajo juramento que la documentación adjuntada es veras y auténtica.

De esta manera asumo la responsabilidad ante cualquier falsedad, sobre la documentación adjuntada y también la información aportada en esta tesis, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Chiclayo, Noviembre del2015

Siler Jamer Regalado Herrera

PRESENTACIÓN

Miembros del Jurado:

Según lo estipulado el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad César Vallejo PRESENTO ANTE Usted la tesis titulada **“EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA LA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD UTILIZANDO LA ENERGIA EÓLICA PARA LA HACIENDA MEMBRILLAR - LA LIBERTAD, OTUZCO, SINSICAP”**, el mismo, que no sólo representa la realización de un trabajo en virtud a los hechos vividos en dicho taller, durante nuestra permanencia en calidad de practicantes en dicha empresa, sino de la coordinación y del esfuerzo realizado como estudiantes en nuestras magnas aulas.

En el capítulo I de esta tesis nos da la idea del contenido general. Planteamos a los objetivos, justificación de la investigación, limitaciones etc. en el capítulo II hablamos sobre el marco teórico y los antecedentes sobre la energía renovable eólica, y sus generalidades etc. En el capítulo III se indica los resultados de la investigación. En el capítulo IV la discusión. En el capítulo V se obtiene las conclusiones, el capítulo VI las recomendaciones y en el capítulo VII las referencias bibliográficas y Finalmente los anexos. Fichas de características técnicas del aerogenerador, entre otras.

ÍNDICE

DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD	vi
PRESENTACIÓN.....	vii
RESUMEN	x
SUMMARY	xi
I. INTRODUCCIÓN	13
1.1 MARCO TEÓRICO.....	16
1.2 FORMULACION DEL PROBLEMA	46
1.3 HIPÓTESIS	46
1.4 OBJETIVOS.....	47
II. MÉTODO	49
2.1 VARIABLES	49
2.2 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	50
2.3 METODOLOGIA	51
2.4 TIPO DE ESTUDIO.....	51
2.5 DISEÑO DE INVESTIGACION.....	51
2.6 POBLACION Y MUESTRA	51
2.7 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	52
2.8 MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS	52
III. RESULTADOS.....	54

3.1. EVALUACION DE LA MÁXIMA DEMANDA ENERGETICA.	54
3.2 ANALISIS DEL POTENCIAL EOLICO PARA GENERAR ENERGÍA ELÉCTRICA:	61
3.3 SELECCIONAR LOS COMPONENTES DEL SISTEMA EÓLICO.	64
3.4 PRESUPUESTO Y EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO:.....	71
3.5 PLAN DE MANTENIMIENTO PARA EL SISTEMA EOLICO A IMPLEMENTAR. 76	
IV. DISCUSIÓN	83
V. CONCLUSIÓN	85
VI. RECOMENDACIONES	88
VII. REFERENCIAS.....	90

RESUMEN

Un tercio de la población mundial vive sin energía eléctrica siendo los países tercermundistas los más afectados, particularmente las zonas rurales alejadas de las ciudades. El panorama actual del Perú nos indica, según datos del Ministerio de Energía y Minas (MEM), que aproximadamente 3 millones de pobladores no cuentan con el servicio básico de energía eléctrica, en zonas rurales alejadas de las ciudades, lo cual resulta ser un importante impedimento en el crecimiento de cualquier país.

El siguiente trabajo de investigación se realizará en la Hacienda Membrillar, Distrito de Sinsicap, Provincia de Otuzco, Departamento de La Libertad.

El objetivo de esta tesis es la evaluación técnica y económica, con la finalidad de generar energía eléctrica mediante energía eólica, que permite suministrar de dicho servicio a las viviendas que a la fecha no cuentan.

El diseño de la investigación es experimental porque se presenta mediante la manipulación de una variable no comprobada, en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de escribir de qué modo y por qué causa se produce una situación o acontecimiento particular. Y es también prospectivo se inician con la observación de ciertas causas presumibles y avanzan longitudinalmente en el tiempo a fin de observar sus consecuencias.

La Hacienda Membrillar cuenta con una población de 133 habitantes, 33 viviendas en el cual carece del servicio de energía eléctrica. Para el estudio se trabajara con una muestra de 33 viviendas.

En este proyecto se utilizó la técnica de encuesta, y se utilizó un anemómetro para medir la velocidad del viento y análisis topográficos para el relieve de dicho terreno.

Palabras claves: energía eólica, aerogenerador, Máxima Demanda Eléctrica

SUMMARY

A third of the world population lives without electricity Third World countries being hardest hit, particularly in remote rural areas of the cities. The current scenario indicates Peru, according to the Ministry of Energy and Mines (MEM), approximately 3 million people lack the basic electricity service in rural areas far from the cities, which turns out to be an important impediment to the growth of any country.

The following research was conducted at the Hacienda Membrillar, Sinsicap District, Otuzco Province, Department of La Libertad.

The aim of this thesis is the technical and economic assessment, in order to generate electricity by wind power, which allows the delivery of this service to homes that do not have the date.

The research design is experimental because it is presented by manipulating a variable unproven, under strictly controlled conditions in order to write about how and why cause a situation or particular event occurs. It is also prospective begin with the observation of certain presumed causes and move longitudinally in time to observe the consequences.

La Hacienda Membrillar has a population of 133 inhabitants, 33 houses in which lack electricity service. For the study we worked with a sample of 33 homes.

In this project the techniques of observation, survey, interview will be used and will be used an anemometer to measure wind speed and topography for the relief of the terrain analysis

Keywords: wind energy, wind turbine, Maximum Demand Power.

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

I. INTRODUCCIÓN

La Energía Eólica es la energía obtenida del viento, se transforma la energía cinética por efectos de las corrientes del aire, y es aprovechada para diferentes actividades humanas.

Este estudio consiste en evaluar la disponibilidad del sistema eólico en el Centro Poblado Hacienda Membrillar.

Por eso en el Perú se está optando por uso de energías renovables como alternativa para la generación de electricidad en las comunidades alto andinas y rurales o zonas aisladas ha ido tomando un mayor desarrollo, con la finalidad de disminuir el déficit de pobreza a y contribuir con el desarrollo de los pueblos.

De esta manera se tomó en cuenta como referencia los siguientes antecedentes:

INTERNACIONAL:

La tesis “**diseño de un micro aerogenerador de eje vertical de manufactura casera**” tiene como objetivo generar electricidad en las casas y edificios de la ciudad. Y así también los lugares apartados que no cuentan con energía eléctrica.

De esta manera se pretende minimizar pérdidas en el transporte de energía. Esta tesis es una aplicación de la ingeniería en respuesta a las necesidades energéticas actuales. (Velázquez & Chávez, 2010)

NACIONAL:

Tesis: Evaluación técnica y económica para la generación de energía eléctrica híbrido eólica – solar para la comunidad de San Luis en el Distrito de Pimentel, Región Lambayeque”

Presentado por Luis Fernando Cornejo Flores y Hubert Paúl Goyoso Chávez.

Universidad César Vallejo – Ingeniería Mecánica.

Perú – Lambayeque, 2010.

El estudio del presente trabajo determina que, el potencial de aprovechamiento de los recursos renovables eólico - solar de la zona de estudio en la comunidad de San Luis – distrito de Pimentel – Lambayeque, cuenta con un promedio de radiación solar de 4826 W.h/día, mientras que la velocidad del viento es de 4.59 m/s con un periodo aproximado de 16 horas por día.

El potencial de aprovechamiento energético en la zona de estudio es prácticamente inagotable. Tanto el sol como el viento son fuentes perdurables, es por ello que nuestra propuesta de un sistema de generación híbrido eólico solar estableciendo que fuentes renovables de energía, se complementan y aportan su potencial energético.

La generación eléctrica híbrido, mediante recurso fotovoltaico – eólico para la comunidad de San Luis distrito de Pimentel – Región Lambayeque,

Estudio de factibilidad de sistemas híbridos eólico– solar en el departamento de Moquegua.

Presentado por Maimer Tomás Hualpa Huamaní.

Pontificia Universidad Católica del Perú - Facultad de Ciencias e Ingeniería.

Perú - Moquegua, 2006.

Resumen:

Lo más importante de este trabajo es demostrar el potencial de energía alternativa solar eólica y tomarlo como una alternativa competitiva para los sistemas aislados y de electrificación rural. De esta manera llegando a la conclusión que los costos de energía para el caso de un sistema híbrido (0.46 US \$/kW-h) son drásticamente inferiores frente al uso de grupos electrógenos (1,25 US \$/kW-h).

De la tabla 5.1 se puede observar que el costo del aerogenerador, incluyendo la torre de 13m, es de US \$ 4780.37. El costo de los paneles fotovoltaicos, incluyendo sus estructuras de soporte, es de US \$ 1154.82.

Comparando los costos, es evidente que es más rentable el uso de energía eólica que la solar, el costo de la energía es más bajo cuando se usa energía del viento, aunque la inversión inicial es mayor.

En el capítulo 5 se ha determinado que cada grupo electrógeno consume 432 Gal. por año, dado que 1 Gal = 3,785 l., entonces este consumo es de 1635,12 l por año. Se conoce que 1 l de gasolina de 84 Oct. Genera 0,6862 kg CO₂. Por lo tanto el uso de un grupo electrógeno genera una emisión anual de 1122 kg de CO a la atmósfera. El uso de energías alternativas, además de ser más rentable, representa en 20 años 22,44 Ton. De CO₂ que se dejan de emitir a la atmósfera.

JUSTIFICACIÓN

Debido a la sobre explotación de combustibles fósiles y la implementación de energías no renovables se ha deteriorado el tipo de vida de cada ser humano, lo más importante aún de la fauna y flora del ecosistema que nos rodea. A la búsqueda de nuevas fuentes de energía, se han encontrado diversas fuentes renovables y amigables con el planeta, es por eso que decido investigar una de ellas, que es la energía eólica.

El constante e impredecible cambio climático de la actualidad, nos ha llevado a realizar ciertos cambios en nuestro modo de ver y vivir la vida, algunos de estos cambios han sido investigar e implementar nuevas fuentes de energía. Pero que no contengan emisiones al medio ambiente y sean renovables, también conocida como Energías Verdes.

Si, a eso, le agregamos la desventaja y limitación que ello produce a cierta parte de la población al no tener acceso a la energía eléctrica. Hecho que año tras año, si bien es cierto disminuye, aún quedan poblaciones aisladas energéticamente hablando.

Con esta investigación pretendo recopilar información sobre la disponibilidad de aprovechamiento del viento como recurso energético renovable aéreo y su aplicación a la generación de energía eléctrica, asimismo poder transmitir estos resultados para crear cierta conciencia social.

1.1 MARCO TEÓRICO.

1.1.1. GENERALIDADES.

Debido al crecimiento poblacional y con ella el aumento de la demanda eléctrica, se ha emprendido a la implementación de nuevas fuentes de energía eléctrica basados en el uso de energías renovables limpias y amigables con el medio ambiente etc. Actualmente países pertenecientes a la Unión Europea, y algunos del continente Americano, están buscando la forma de aprovechar al 100% este tipo de energía, y que sea factible tanto técnica como económicamente, lo que ha motivado a otros países, incluyendo Venezuela.

1.1.2. FUENTES NATURALES DE ENERGIA

Las energías limpias y renovables son aquellas que se producen a gran escala y son inagotables. Según Méndez y Cuervo (2007).

Dentro del marco de las energías renovables se pueden destacar las que tienen mayor desarrollo tecnológico, como lo son: la energía hidráulica, biomasa, geotérmica y la energía solar, eólica. Con ellas se obtienen calor y electricidad que son las más utilizadas.

1.1.3. GENERALIDADES DE LA CONVERSION ELECTROMECHANICA DE LA ENERGIA EÓLICA.

Este capítulo tiene como objetivo proporcionar conocimientos básicos de cómo transformar la energía cinética en energía eléctrica, recomendando la utilización de generadores sincrónicos, que se pretende realizar en este trabajo.

A.- Energía Eólica.

Este concepto nos permite referirnos a la energía que se obtiene del movimiento del viento, esta energía como muchas otras se pueden transformarse en diferentes formas para que sea útil a la humanidad.

B.- Relación Potencial Mecánica – velocidad del viento.

El funcionamiento del aerogenerador de da de la siguiente manera: capta la energía cinética del viento por medio del rotor y las aspas y luego transformar la energía cinética en anergia eléctrica.

C.- Procedencia de la Energía Eólica.

La energía del viento está relacionada con el movimiento de masas de aire que se desplazan a diferentes temperaturas. El aire caliente es más ligero que el frio y esto permite que alcance una altura a unos 10 Km y se extenderá hacia el norte y sur. Cuyo efecto se sumen a los de los vientos globales.

D.- Variación del viento

Para los proyectistas es muy importante definir la velocidad del aire, porque con la información que se obtiene se puede diseñar el tipo de aerogenerador que se va a utilizar, de esta manera se minimizara costo. La forma más práctica para describir la velocidad del viento es por medio de la Distribución de Weibull.

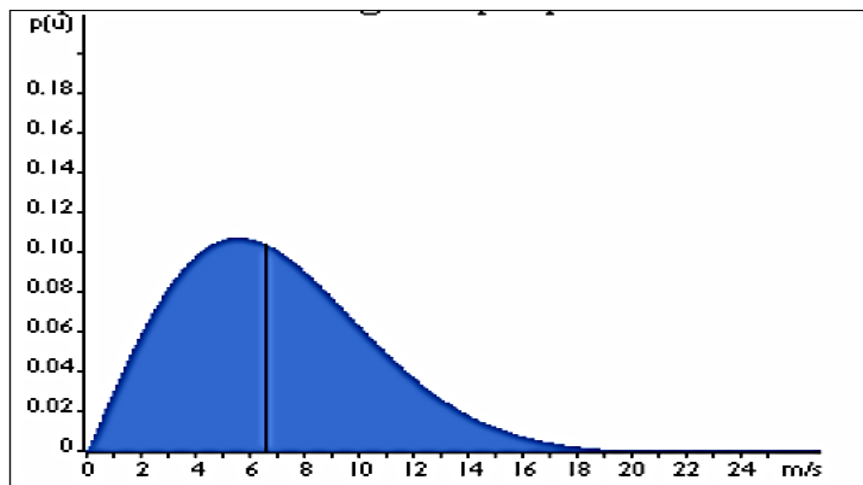


Fig.N°3: Distribución de Weibull

Fuente:http://www.motiva.fi/myllarin_tuulivoima/windpower%20web/es/tour/wres/weibull.htm

El gráfico de la Fig. N°3 se muestra la probabilidad estadística de la distribución weibull vale exactamente 1, ya que la probabilidad de que el viento sople a cualquiera de las velocidades, incluyendo el cero, debe ser del 100 %.

E.- Selección de el emplazamiento.

Para seleccionar un emplazamiento correcto no es suficiente tomar en cuenta el estudio de los mapas eólicos ni tomar medidas de viento en el lugar.

Además de esto hay que tener en cuenta otros factores que pueden influir mucho en el futuro comportamiento del aerogenerador.

Cada aerogenerador crea un abrigo cuando sopla el viento y esto es lo que se conoce como efecto estela. De hecho, este efecto se crea detrás de la turbina y provoca un viento turbulento y ralentizado. Por esto en los parques eólicos para evitar este efecto, se debe mantener una distancia mínima entre turbinas.

Otro efecto a considerar es el efecto túnel que consiste en situar el aerogenerador dos montañas buscando el paso estrecho entre ellas. De esta manera el viento se comprime y su velocidad aumenta considerablemente.

F.- Aerogeneradores

Se llama aerogeneradores a los encargados de capturar la energía del viento y transformarla en energía eléctrica. En los siguientes párrafos se describe de forma resumida qué componentes constituyen los aerogeneradores su funcionamiento y su clasificación.

Partes de un aerogenerador

En este párrafo se describe los elementos que conforman los aerogeneradores que son: la torre, controlador electrónico, el generador, los ejes de alta y baja, el buje, las palas y el multiplicador de potencia. En la Figura N°4 se detalla todas las partes del aerogenerador.

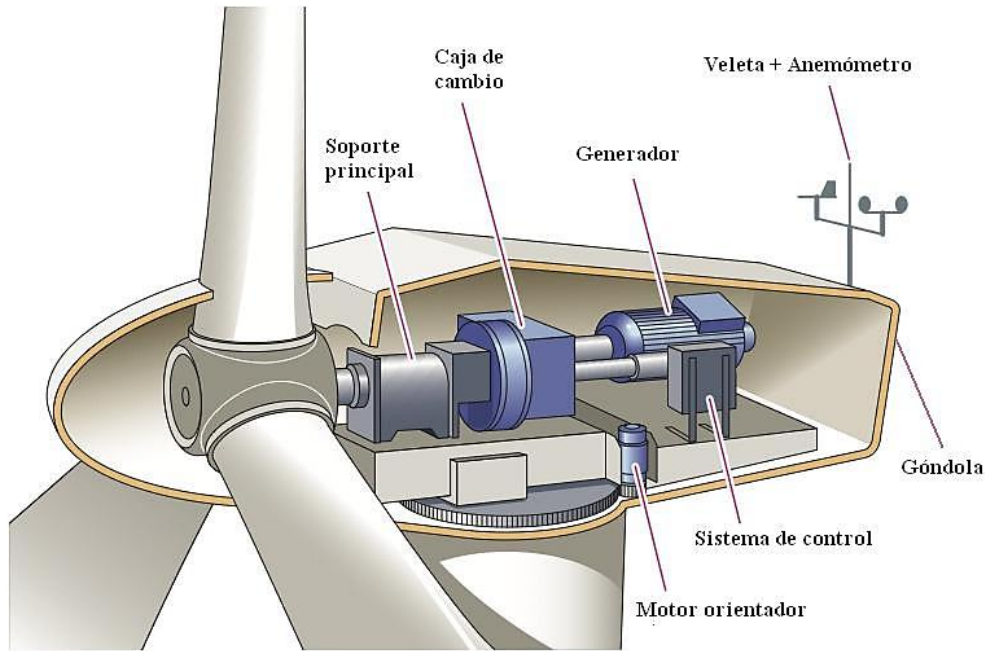


Fig.N°4: Partes de un aerogenerador

Fuente: <http://www.renovables-energia.com/2009/07/partes-de-un-aerogenerador/>

Descripción de la partes de un aerogenerador.

➤ La Góndola.

Es la parte del aerogenerador donde se encuentran las partes más importantes como el generador eléctrico y el multiplicador. Las palas y el buje se encuentra a ala izquierda de la góndola según la figura.

➤ **El Rotor y la Palas de Rotor.**

El rotor se encuentra situado en la Mayoría de los casos a barlovento de la torre, de esta manera reduce la carga de fatiga y evita el ruido aerodinámico producido por las palas cuando el rotor está a sotavento.

Los materiales utilizados en gran parte de los casos son de fibra de vidrio porque son más livianos y muy prácticos de hacer el montaje estos están recubiertos de una pintura epoxy.

➤ **El Buje.**

Es una pieza muy importante, que contiene en su interior los elementos que permiten hacer el cambio de paso (cuando la velocidad del viento esta entre 0 m/s. a más) su forma de fijación es mediante pernos traccionados también se los conoce como rodamientos de pala.

➤ **El Eje de Baja Velocidad.**

Es la parte que une el rotor al multiplicador, este eje contiene conductos del sistema hidráulico que permite el buen funcionamiento de los frenos aerodinámicos.

➤ **El Multiplicador.**

Contiene un eje de baja velocidad, que le permite al eje de alta velocidad girar con más rapidez

➤ **El Eje de Alta Velocidad.**

Este eje es el encargado de hacer funcionar el generador eléctrico. También lleva acoplado un freno de disco mecánico que se activa en caso de emergencia cuna do falla el freno aerodinámico.

➤ **El Generador Eléctrico.**

Es el encargado de transformar el movimiento mecánico en energía eléctrica. Estos son generadores en la mayoría de los casos son de inducción o asíncrono.

➤ **El Controlador de Electrónico.**

Es el encargado de monitorizar las condiciones del aerogenerador, sobrecalentamientos del multiplicador, de manera automática para el aerogenerador y alza una señal al operador mediante un modem. También vigila la dirección del viento mediante la Valeta.

➤ **Mecanismo de Orientación.**

Es el mecanismo encargado de girar al rotor en la dirección del viento este mecanismo se activa mediante el controlador electrónico que vigila posición de a Valeta.

➤ **La Valeta y el Anemómetro.**

El anemómetro lanza una señal electrónica al regulador electrónico para conectar, cuando el viento alcanza una velocidad aproximada de 4.02m/s. así también el ordenador parara el aerogenerador si el viento sobrepasa los 25m/s. con la finalidad de proteger la turbina y sus demás componentes.

➤ **La Torre.**

Es la parte metálica que soporta la góndola del rotor normalmente pueden ser tubulares o de celosía la primera es más segura para el mantenimiento porque en su interior contiene una escalera metálica que llega a la parte superior de la turbina, pero en cuanto costos la de celosía es más barata y más fácil de transportar.

➤ **Funcionamiento de un Aerogenerador.**

Un aerogenerador es el encargado de producir electricidad aprovechando la velocidad del viento, impulsando el generador a partir de la rotación del eje de baja velocidad e impulsando al eje de alta velocidad el cual multiplica los giros provenientes del rotor.

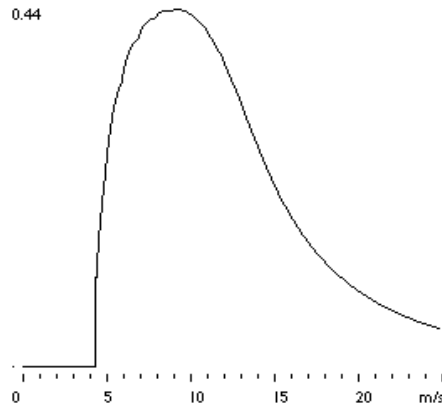


Fig.N°5: Coeficiente de potencia

Fuente:http://www.motiva.fi/myllarin_tuulivoima/windpower%20web/es/tour/wres/cp.htm

Entonces decimos que el coeficiente de potencia es variable dividido a la velocidad del viento (ver fig. N°6). Esta se plasma en unas curvas de potencia donde muestran la potencia de cada aerogenerador con diferentes velocidades de viento.

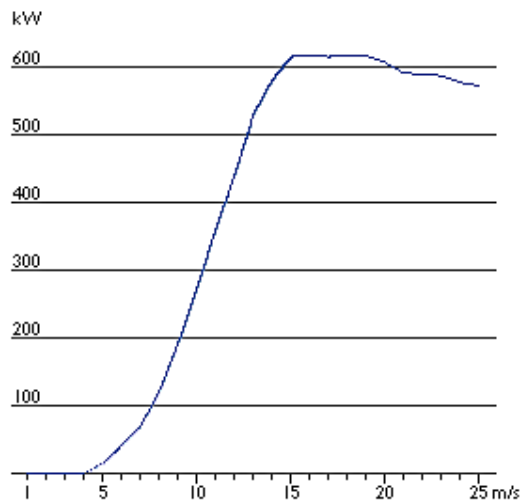


Fig.N°6: Curva de Potencia de un aerogenerador.

Fuente:http://www.motiva.fi/myllarin_tuulivoima/windpower%20web/es/tour/wres/pwr.htm

Clasificación de los aerogeneradores

Una primera clasificación de aerogeneradores en la ubicación del eje de mando.

Contamos con 2 tipos de aerogeneradores: son de eje vertical y de eje horizontal.

Otra posible clasificación dentro de los aerogeneradores de eje horizontal es función del número de palas. Se diferencian las eólicas compuestas por palas con perfil de ala (ver Fig. 6) y las eólicas multipalas (ver Fig. 7).



Fig.Nº7: Aerogenerador de 3 palas

Fuente: http://opex-energy.com/eolica/palas_aerogenerador.html



Fig.N°8: Turbina multipala

Fuente: <http://www.energoclub.org/page/aerogeneratori-ad-asse-orizzontale>

Los de eje vertical son los que esta fijos ala suelo de forma perpendicular, estos captan el viento se cuál sea la dirección de provengan no hace falta de un control de orientación este equipo es muy sencillos de montar y los costos de montaje son muy bajos. En la Fig. 8 mostramos un aerogenerador de eje vertical (rotor Darrieux).



Fig.Nº9: Aerogenerador de eje vertical

Fuente:<http://arquitecturaregenerada.blogspot.com/2011/07/aerogeneradores-de-eje-vertical.html>

En la Fig. N°10 se muestra un cuadro donde compara el rendimiento de varios tipos de aerogeneradores de eje vertical donde muestra que el de eje horizontal es más eficiente ante todos los demás (tripala – bipala).

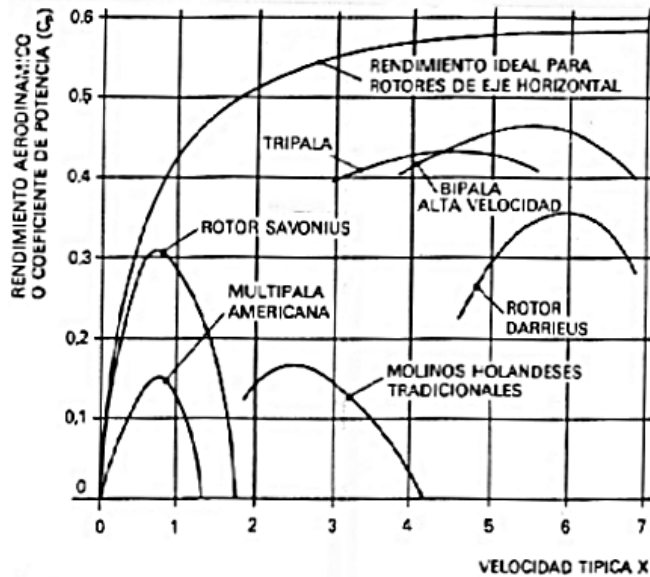


Fig.N°10: Rendimiento aerodinámico de varios aerogeneradores

Fuente:<http://intranet2.minem.gob.pe/web/archivos/dge/publicaciones/uso/1/01/02/02/05.htm>

Equipos de un sistema eólico

El sistema eólico posee las siguientes partes:

- **La Turbina eólica.**
Lo conforman todos los elementos que están en parte superior de la torre.
- **Transformador de corriente alterna a corriente directa.**
Este transformador se utiliza cuando el generador suministre corriente alterna.
- **La pantalla de control.**

Es la controla la conexiones entre la central y la turbina, las baterías y las cargas.

➤ **Un interruptor con un fusible eléctrico.**

Este componente forma parte del sistema de protección en caso de un corto circuito también desconecta la turbina y el banco de baterías, está incorporado al sistema de control.

➤ **El banco de baterías.**

Es la encargada de almacenar la energía y luego distribuirla al consumidor en los días que haya calma.

➤ **El inversor.**

Es el encargado de convertir la corriente alterna en corriente directa.

NORMA TÉCNICA EM.090 INSTALACIONES CON ENERGÍA EÓLICA

- Reglamento Nacional de Edificaciones.
- Código Nacional de Electricidad – Sistema de Utilización.
- Ley de Promoción y Utilización de Recursos Energéticos Renovables no Convencionales en Zonas Rurales, Aisladas y de Frontera del país - Ley N° 28546, del 27.05.2005.
- Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido (Decreto Supremo N° 085-2003-PCM).

Clasificación de los aerogeneradores

Los Aerogeneradores se pueden clasificar según su:

Potencia Nominal

- Baja potencia $P \leq 20 \text{ kW}$
- Media potencia $20 \text{ kW} < P \leq 200 \text{ kW}$
- Alta potencia $P > 200 \text{ kW}$

Orientación del rotor

- Eje vertical (VAWT, siglas en Inglés de turbina eólica de eje vertical)
- Eje horizontal (HAWT, siglas en Inglés de turbina eólica de eje horizontal)

Mecanismo de regulación de potencia

- Paso variable
- Basculación del rotor
- Pérdida aerodinámica del álabe

Tipo de generador eléctrico

- Generador de corriente continua.
- Generador de corriente alterna (Síncrono y Asíncrono)
- Generador de Imanes Permanentes

Número y tipología de álabes (palas)

- Monopala con contrapeso

- Bipala
- Tripala
- Multipala

SISTEMA DE UN AEROGENERADOR.

Un aerogenerador está conformado por los siguientes subsistemas:

➤ **Subsistema de captación.**

Está constituido por los álabes y el rotor del aerogenerador, su función es transformar la energía cinética en energía mecánica.



Fig.N°11: Álabes de un Aerogenerador de Alta Potencia

Fuente: http://fresno.pntic.mec.es/msap0005/2eso/Tema_5/tema_5.html

Tomando en cuenta lo ya mencionado líneas arriba se concluye que los de eje horizontal y vertical son los recomendables para la generación de electricidad.

Los agrupamos y lo subdividimos en dos grupos.

- Rotores con álabes de sección constante
- Rotores con álabes de sección variable (perfil aerodinámico)

También se pueden subdividir de acuerdo al arreglo de sus alabes del rotor.

- Número de palas en el rotor (monopala, bipala, tripala, multipala)
- Número de rotores (bihélice, mult rotor)

B.- Subsistema de orientación

Es el mecanismo encargado de girar al rotor en la dirección del viento este mecanismo se activa mediante el controlador electrónico que vigila posición de a Veleta. Este mecanismo mayormente se utiliza en las turbinas de eje vertical y eje horizontal.

B.1.- los Subsistemas de Orientación.

Son del tipo:

- Pasivos (Mecánicos)
- Los basados en una veleta.

Parámetros de diseño del sistema

Estimación de la necesidad energética a cubrir (Máxima demanda)

Cuando se instalan los subsistemas de distribución secundaria habilitaciones urbanas para viviendas, deberán considerarse como cargas las demandas Máximas indicadas según noma DGE N° 531 – 2004 “CALIFICACIÓN ELÉCTRICA PARA LA ELAVORACIÓN DE PROYECTOS DE SUBSISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN SECUNDARIA” adjuntos a la presente Norma, la Hacienda Membrillar pertenece al tipo de habilitación. La calificación eléctrica está de acuerdo a lo dispuesto en la RD: N° 015-2004-EM/DGE y RD 531-2004. Además de la R.D. N° 414-2013-EM/DGE, correspondiéndole una calificación de 200 watts/lote, Según el manual de “Generación de electricidad a pequeña escala con energía eólica” del Programa Teórico de Entrenamiento, elaborado y publicado por SENATI CENERGIA ECOFYS Utrecht/Lima 1999.

El cálculo de la energía de consumo necesaria diariamente (Wh/día), es fácil de calcular, pues basta con multiplicar la potencia (W) de cada una de los artefactos que se dispone (televisor, equipo de sonido, ventilador, focos ahorradores, licuadora, etc.) por el número de horas de su utilización respectivamente (h/día)

EVALUACION DE LA MÁXIMA DEMANDA ENERGETICA.

El pronóstico de mercado eléctrico, permite conocer la máxima demanda de las localidades con una proyección horizontal.

CÁLCULO DE LA MAXIMA DEMANDA

La metodología utilizada para la estimación de la máxima demanda se utilizó el método del SNIP que es aplicada a los proyectos de Inversión Pública. (Electrificación rural-Guía para la formulación de proyectos de inversión exitosos 2011)

Parámetros principales para la estima de la demanda.

Tipos de Abonados:

- **Abonados Domésticos (AD):** son los abonados del área a electrificar.
- **Abonados de uso general (AUG):** son los lugares públicos como escuelas, postas, medicas, iglesias, casa comunal etc. Que son parte de la comunidad.

Tipo de localidad

Localidad Tipo I

Compuesto por localidades concentradas o semidispersas situadas en áreas rurales, que presentan configuración urbana definida y pueden contar con plazas/o calles; asimismo, cuenta con nivel de desarrollo intermedio, con mayor número de servicios y locales públicos y con vías de acceso.

Localidad Tipo II

Compuesto por localidades dispersas situadas en áreas rurales, que presentan configuración urbana o es incipiente, con menos número de servicios y locales públicos y con vías de acceso en regular estado (trochas carrozables) o que no cuentan con vías de acceso.

Fuente: (Electrificación rural-Guía para la formulación de proyectos de inversión exitosos 2011)

Consumos de energía por abonado

El consumo doméstico puede ser de dos tipos, definida por el tipo de localidad según las características de las localidades.

Valores referenciales del consumo de energía por Abonado Doméstico (AD) en el ámbito rural:

Región geográfica	Consumo de energía por AD (Kwh-mes)	
	Tipo I	Tipo II
Costa	19 a 30	10 a 18
Sierra	17 a 25	8 a 16
Selva	20 a 35	12 a 20

Fuente: Muestra de PIP de SER declarados viables durante los últimos 3 años, registrados en el Banco de Proyectos del SNIP.

Tasa de crecimiento poblacional (r%)

Se determina el crecimiento tomando datos de la tasa intercensal para el caserío donde se realizara el proyecto según los últimos censos del INEI

Estimación de la Demanda Proyectada.

Datos de inicio:

Se toma la muestra de la población total, poblacional electrificar, el número de abonados y cuál es su ocupación de cada uno de los abonados en la comunidad que se realizara el proyecto de inversión pública (PIP).

Grado de Electrificación Inicial:

Especifica la cantidad de población electrificada entre la población total.

Consumo Unitario de Energía por Tipo de Abonado (C.U.): Este análisis se obtiene tomando en cuenta el consumo de cada tipo de usuario (doméstico, comercial, uso general y pequeña industria). Y dicho resultado deberían ser expresados en KW.h por abonado.

Consumo de Energía por Tipo de Abonado (C): Este resultado se obtiene multiplicando el consumo unitario de cada tipo de abonado y el número de abonados.

$$\text{Consumo abonado} = C.U \times \text{Número de Abonados}$$

Consumo de alumbrado público: Se obtiene de la multiplicación de los puntos de iluminación por la potencia de la lámpara y horas de utilización.

Consumo total de energía: lo obtenemos sumando el consumo anual de los abonados en general incluso el alumbrado público.

$$\text{Consumo Total} = C_{domestico} + C_{uso general} + C_{a.p\acute{u}blico}$$

ESTIMA DE LA DEMANDA PROYECTADA.

Se obtiene siguiendo los siguientes pasos:

Datos de Inicio: Población total, grado de electrificación, personas por hogar, participación por tipo de abonados, consumo unitario de energía y puntos de iluminación inicial.

Proyección de la población total: este resultado se da mediante el crecimiento poblacional y la población total inicial.

$$P_f = P_o \times (1 + i)$$

Donde:

P_f : Poblacion final

P_o : Poblacion inicial

i : Tasa de crecimiento poblacional (%)

Proyección por cada tipo de abonados: Se obtiene de la distribución del número total de abonados de acuerdo a la participación de abonados por sectores determinada en un inicio.

$$N.Asector = \text{Número de Abonado Total} \times \% \text{ Abonado inicial}$$

Proyección del Consumo Unitario de Energía por Tipo de Abonado (C.Uproy):

el consumo doméstico se calcula con la tasa de crecimiento del consumo de energía por abonado.

$$C.ADproyectado = C.ADinicialx (1 + i\%)$$

Proyección del Consumo de Energía por Tipo de Abonado (CProy.): para hallar este resultado debemos multiplicar el consumo unitario anual por tipo de abonado.

$$Consumo abonado proyec. = C.Uprox \text{ Número de Abonados Proyectados}$$

Proyección del Consumo de Alumbrado Público: lo obtenemos multiplicando los puntos de alumbrado por la potencia de las lámparas y la cantidad de horas a usar.

Determinación de los Puntos de Iluminación

$$CAP \text{ mensual} = F x KALP x Abonados \text{ totales}$$

En cuanto al cálculo de este punto, el valor del factor F dependerá del sistema eléctrico de distribución típico, indicado en la norma de Alumbrado Público vigente.

Sector de Distribución Típico	KALP (kW.h/usuario-mes)	Potencia de la lámpara vapor de sodio (W)
4	74	70
5	6.3	50
SER	6.3	50

En el sector rural, la potencia promedio se encuentra entre 50 y 70 W. A ella debes agregar la potencia nominal de los accesorios de encendido, lo que representa en promedio 10 W.

$$Puntos \text{ de Iluminación} = \frac{CAP \text{ mensual} * 1000}{360 x PPL}$$

Pronóstico de máxima demanda.

$$MD = \frac{CT}{FC \times 8760}$$

ECUACIÓN N°1: Pronostico de máxima demanda

Dónde:

CT = *Pronóstico de consumo total. (Wh/día)*

MD = *Máxima demanda. (Wh/día)*

FC = *Factor de carga. (0.9)*

Estudio del potencial energético de la zona

Para hacer el estudio de potencial eólico hemos tomado datos de velocidad del viento, para ello se hará las mediciones con el anemómetro digital en el lugar donde se realizara el estudio, instalando equipos de medición y tomando muestras durante unas semana en intervalos de 1 a 2 horas.

Los datos obtenidos son para determinar el potencial eólico y determinar el tipo de aerogenerador y complementarla con el Atlas de energía eólica del Perú y los datos entregados por SENAMHI, referente al departamento de la Libertad estos datos obtenidos serán datos aproximados de acuerdo a la ubicación del Centro Poblado Hacienda Membrillar

TABLA N°3: Indicación de la Viabilidad de la Energía Eólica

Velocidad promedio anual del viento a 10 m sobre el nivel del suelo	Posibilidades de usar la energía eólica
Por debajo De 3 m/s.	No es muy recomendable
3 - 4 m/s	No es factible para aerogeneradores pero si para aerobombas.
4 – 5 m/s	Los aerogeneradores pueden ser la opción, las aerobombas podrían competir con los equipos diésel.
Mayor que 5 m/s	Es recomendable para los aerogeneradores y también para la aerobombas.
Mayor que 6 m/s	Es recomendable para los aerogeneradores autónomos y también para la aerobombas.

Fuente: Módulo de Energía Eólica Teoría 2010 SENATI

DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA EÓLICO

Se puede hallar con la siguiente formula:

$$EC = \frac{1}{2} m \times v^2$$

ECUACIÓN N°2: Dimensionamiento del sistema eólico.

Dónde:

EC = Energía cinética (kgm^2/s^2 ó J)

m = Masa del aire (kg)

V = Velocidad del viento (m/s)

Para calcular la masa de la cantidad de aire que pasa a través del rotor del aerogenerador se usa la formula.

$$m = \delta V$$

ECUACIÓN N°3: Masa de aire

Dónde:

δ = Densidad del aire ($1.225 kg/m^3$)

m = Masa del aire (kg)

V = Volumen del cilindro (m^3)

El volumen del cilindro barrido es el volumen de la masa del aire que atraviesa el rotor del aerogenerador y se puede calcular mediante.

$$V = A \times L$$

ECUACIÓN N°4: Volumen del cilindro barrido

Dónde:

$V = \text{Volumen del cilindro barrido (m}^3\text{)}$

$A = \text{Área de la superficie del barrido (m}^2\text{)}$

$L = \text{Longitud del cilindro (m)}$

La longitud de cilindro viene a ser un espacio representado por el aire que pasa a través del aerogenerador en un determinado tiempo y una determinada velocidad por lo tanto se tiene que.

$$L = V \times T$$

ECUACIÓN N°5: Longitud de cilindro

Dónde:

$L = \text{Longitud del cilindro (m)}$

$V = \text{Velocidad del viento (m/s)}$

$T = \text{Tiempo en (s)}$

Juntamos las ecuaciones 1, 2,3 y 4 se obtiene como resultado que:

$$EC = \frac{1}{2} m \times v^2$$

$$EC = \frac{1}{2} \delta \times V \times v^2$$

$$EC = \frac{1}{2} \delta \times A \times L \times v^2$$

$$EC = \frac{1}{2} \delta \times A \times T \times v^2$$

ECUACIÓN N°6: Energía cinética

Dónde:

$EC =$ Energía cinética (kgm^2/s^2 ó J)

$\delta =$ Densidad del aire ($1.225 kg/m^3$)

$A =$ Área de la superficie del barrido (m^2)

$V =$ Velocidad del viento (m/s)

$T =$ Tiempo en (s)

También se tiene la fórmula para hallar la potencia del viento la cual es:

$$P = \frac{EC}{t}$$

ECUACIÓN N°7: Potencia del viento

Dónde:

$P =$ Potencia del viento (w)

$EC =$ Energía cinética (kgm^2/s^2)

$T =$ Tiempo en (s)

Al juntar las ecuación 5 y se tiene que:

$$P = \frac{EC}{t}$$

$$P = \frac{1}{2} \delta \times A \times v^2$$

ECUACIÓN N°8: Potencia del viento en función al área y la velocidad del viento.

Dónde:

$P =$ Potencia del viento (w)

$\delta =$ Densidad del aire (kgm^2/s^2)

$A =$ Área de la superficie del barrido (m^2)

$V =$ Velocidad del viento (m/s)

El aerogenerador que se va a utilizar en este proyecto es del tipo de eje horizontal, por lo que el área barrida transversal por el viento viene a ser circular por lo tanto el área se obtiene de la siguiente formula.

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4}$$

ECUACIÓN N°9: Área del barrido circular

Dónde:

$A =$ Área del barrido circular (m^2)

$\pi = 3.14316$

$D =$ diámetro del rotor (m)

Juntando las ecuación 7 y 8

$$P = \frac{1}{2} \delta \times A \times v^2$$

$$P = \frac{\pi}{8} \delta \times D^2 \times v^3$$

ECUACIÓN N°10: Potencia del viento en función al diámetro y la velocidad del viento.

Dónde:

P = Potencia del viento (w)

δ = Densidad del aire (kgm^2/s^2)

π = 3.14316

D = diámetro del rotor (m)

V = Velocidad del viento (m/s)

Potencia que se puede extraer del viento.

$$P = CP \times \frac{\rho}{2} \times \frac{\pi \times D^2}{4} \times v^3$$

ECUACIÓN N°11: Potencia que se puede extraer del viento.

Dónde:

P = Potencia (w)

CP = Coef de pot, s prestaciones puede llegar a (0.25).

ρ = Densidad del aire. (Kgm^2/s^2)

D = Diámetro del rotor (m)

V = Velocidad en m/s

Diámetro del rotor

El diámetro del rotor D puede calcularse escribiendo la fórmula anterior. Si el promedio de demanda PD es tomado para igualar el promedio de suministro PS , entonces (con $e = 0.20$):

$$D = 2.5 \sqrt{\frac{PD}{V^3}}$$

ECUACIÓN N°12: Diámetro del rotor

La potencia eléctrica **Pe** que puede generar una turbina eólica es:

$$pe = Cp \times \eta_g \times \eta_t \times \frac{1}{2} \times \rho \times v^2 \times A$$

ECUACIÓN N°13: La potencia eléctrica **Pe** que puede generar una turbina eólica

Dónde:

Cp. = Coeficiente de potencia de la hélice (para una buena hélice **Cp.** = 0,40)

ηg = Rendimiento del generador eléctrico (para un buen generador $\eta_g = 0,90$. Si el generador proviene de la industria automotor $\eta_g = 0,50$)

Hg = Rendimiento de transmisión. Si la turbina posee un multiplicador de velocidad de giro $\eta_t = 0,90$ para caja de Engranajes, $\eta_t = 0,85$ para cadenas, $\eta_t = 0,8$ para correas. Si tiene transmisión directa $\eta_g = 1$).

ρ = 1,225 Kg/m³ densidad del aire a nivel del mar.

V = Velocidad del viento para la cual la turbina genera la potencia eléctrica **Pe**.

V = 9 m/seg para una zona de vientos razonables.

V = 11 m/seg para una zona de fuertes vientos.

Área barrida por la hélice

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4}$$

ECUACIÓN N°14: Área barrida por la hélice

$$W = \frac{v}{r}$$

ECUACIÓN N°15: Velocidad de Rotación.

Dónde:

ω = es la velocidad angular de la hélice

$D = R/2$ = es el radio de la hélice (m)

El número de revoluciones por minuto de la hélice es:

$$n = \frac{\omega 30}{\pi}$$

ECUACIÓN N°17: El número de revoluciones por Minuto de la hélice

Y se define como relación de velocidades λ al valor

$$\lambda = \frac{\omega R}{V}$$

ECUACIÓN N°18: Relación de velocidades λ

Evaluación Económica y Financiera.

- a. **Cuantificar los beneficios y los Costos.** Consiste en la evaluación de los beneficios y costos en su vida útil. Teniendo estos resultados e flujo y fondos.
- b. **Actualización de los beneficios y los costos.** En esta caso es muy importante tomar en cuenta la tasa de interés ya que es un medio contable entre el presente y el futuro.
- **Valor actual neto (Van).** Es el valor actualizado neto es la forma de valorización de inversión que se puede definir como el valor actualizado y los pagos generados por una inversión. La expresión matemática del valor actual neto VAN, es: =

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{BBt}{(1+i)^t} - \sum_{t=0}^n \frac{BBt}{(1+i)^t}$$

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{Bnt}{(1+i)^t}$$

Donde:

Bnt = Beneficio neto en el periodo específico.

BBt = Beneficios bruto en el periodo específico

n = Vida útil del proyecto (años). i = Tasa de descuento o tasa de corte.

Ct = Costos en que se incurre en el periodo específico.

t = Periodo específico

En cuanto se refiere a la interpretación de los dos valores actualizados tanto del flujo neto de beneficios como del flujo de costos del proyecto, se obtiene de los siguientes coeficientes, cuyo significado es el siguiente:

Si el VAN > 0: significa que los beneficios generados son superiores a los costos incurridos por el proyecto; por tanto, se acepta el estudio.

Si el VAN = 0: significa que los beneficios del proyecto son iguales a sus costos, en este caso se recomienda examinar algunas variables para su posterior evaluación.

Si el VAN < 0: significa que los beneficios del proyecto son inferiores a sus costos y se debe desechar el proyecto.

- **Tasa interna de retorno (TIR).** La tasa interna de retorno es aquella tasa de descuento para el cual el valor actualizado de los beneficios y costos del proyecto resulta igual a cero. La TIR, evalúa un proyecto en función a una tasa única de rendimiento por periodo con el cual la totalidad de los beneficios actualizados son exactamente iguales a la totalidad de los desembolsos actualizados. La ecuación que permite estimar la TIR, está dada por:

$$0 = \sum_{t=0}^n \frac{Bt - Ct}{(1+i)^t}$$

Donde:

r = Tasa interna de retorno (%).

Bt = Beneficio bruto en el periodo de vida del proyecto.

Ct = Costos en el periodo de vida del proyecto.

t = tiempo de vida del proyecto.

n = Número de años.

$$TIR = iA + (iS - iA) \frac{VANs}{VANs + VANs} \%$$

Donde: iA = Tasa de descuento inferior.

is = Tasa de descuento superior.

VANS = Tasa de descuento inferior (positivo)

VANA = Tasa de descuento inferior (negativo)

Si decimos que la tasa interna de retorno es igual a “r” e “i” la rentabilidad mínima aceptable del capital bancario, el análisis e interpretación del proyecto en base a la TIR tendrá la siguiente calificación.

Si $r > i$, equivale decir que el interés equivalente sobre el capital que el proyecto genera, es superior al interés mínimo aceptable del capital bancario, en este caso el proyecto es aceptable por lo que se recomienda su inmediata ejecución.

Si $r = i$, nos indica que el interés equivalente sobre el capital que el proyecto genera es igual al interés mínimo aceptable, en este caso el proyecto es indiferente ya que su costo de oportunidad de capital es igual al costo de capital bancario.

Si $r < i$: equivale a decir que el costo de oportunidad del capital es inferior al costo de capital bancario, lo cual indica que el rendimiento del proyecto es menor al que se obtendría en otra alternativa de inversión, en este caso se recomienda la no ejecución del proyecto.

1.2 FORMULACION DEL PROBLEMA

¿Será viable técnica y económicamente la generación de energía eólica que permita suministrar con electricidad a la Hacienda Membrillar, Distrito de Sinsicap, Provincia de Otuzco, Departamento de La Libertad?

1.3 HIPÓTESIS

Es viable técnica y económicamente la generación de energía eólica que permita suministrar con electricidad a la Hacienda Membrillar, Distrito de Sinsicap, Provincia de Otuzco, Departamento de La Libertad?

1.4 OBJETIVOS.

1.4.1. General.

Realizar una evaluación técnico económico para la generación de energía eléctrica utilizando el viento, para suministra con electricidad a la Hacienda Membrillar, Distrito de Sinsicap, Provincia de Otuzco, Departamento de La Libertad.

1.4.2. Específicos

- ✓ Evaluar la máxima demanda actual y proyectada requerida por la población de la Hacienda Membrillar, Distrito de Sinsicap, Provincia de Otuzco, Departamento de La Libertad.
- ✓ Evaluar el potencial eólico necesario para generar, mediante el análisis de las velocidades del viento, en la Hacienda Membrillar, Distrito de Sinsicap, Provincia de Otuzco, Departamento de La Libertad.
- ✓ Seleccionar los componentes del sistema eólico para satisfacer la demanda eléctrica de la Hacienda Membrillar, Distrito de Sinsicap, Provincia de Otuzco, Departamento de La Libertad.
- ✓ Evaluar económicamente el proyecto mediante indicadores económicos: VAN, TIR.
- ✓ Elaborar un Plan de Mantenimiento para el sistema eólico a implementar.

CAPÍTULO II
MARCO
METODOLOGICO

II. MÉTODO

2.1 VARIABLES

A. Independiente

Energía Eólica

Esta obtiene de la energía cinética que hay en el viento.

Máxima Demanda

Se obtiene de potencia máxima que va utilizar durante un tiempo de vida útil proyectada para la vivienda.

B. Dependiente

Energía Eléctrica.

Es la energía que se obtiene mediante el movimiento de dos cargas eléctricas (positivas y negativas)

2.2 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.

Tabla 1 : Operacionalización de Variables

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicadores	Escala de Medición
INDEPENDIENTE:				
Energía Eólica	Flujo de aire en Hacienda Membrillar.	Flujo a emplear para generar energía.	Velocidad del Viento	Ordinal
Máxima Demanda	Potencia Eléctrica que requiere un artefacto para funcionar	Potencia Eléctrica que hace uso una vivienda	Máxima Demanda	Ordinal
DEPENDIENTE:				
Generación de Electricidad	Sistema diseñado para aprovechar la velocidad del viento y de ella generar energía eléctrica	Cantidad de Energía Eléctrica que produce el Aerogenerador	Energía Eléctrica Producida	Ordinal

Fuente: Elaboración propia

2.3 METODOLOGIA

Deductivo.

Habiendo definido nuestras variables independientes inferimos hipótesis para la generación de energía eléctrica.

Analítico

Para este estudio se tomó en cuenta los siguientes conceptos, cálculos y componentes que intervienen en el proceso para la generación de energía eléctrica, para luego llegar a un resultado mediante la agrupación de todo lo establecido y estudiado.

2.4 TIPO DE ESTUDIO

Explicativa:

En esta tesis, lo que pretendo, es dar a conocer métodos adquiridos de energías renovables, seleccionar equipos adecuados, y también concientizar a la población de las buenas prácticas sobre del consumo de la energía.

2.5 DISEÑO DE INVESTIGACION

Experimental:

Como autor de esta tesis, me he enfocado en la recopilación de datos estadísticos y así demostrar de manera científica que se puede dar solución al actual problema energético.

2.6 POBLACION Y MUESTRA

Población:

La Hacienda Membrillar, cuenta con 30 viviendas de uso doméstico, y 03 cargas de uso general: una Iglesia, una casa comunal y un centro de salud, haciendo un total de 33 lotes.

Muestra:

La muestra lo constituyen los 33 lotes a suministrar con energía eléctrica

2.7 INSTRUMENTOS Y TECNICAS PARA LA RECOLECCION DE DATOS.

TECNICAS.

Se usó las siguientes técnicas.

Encuestas.

En esta encuesta se trabajó con preguntas puntuales las cuales nos ayudaron a llegar a conclusiones favorables para nuestro proyecto.

INSTRUMENTOS

Se usó las siguientes técnicas.

Guion de Encuesta

Se Realizó encuestas a los pobladores, SINSICAP, Otuzco, la Libertad para conocer sus apreciaciones sobre el uso de energía eléctrica y cuanto estarían dispuestos a pagar por este servicio y así se determinó la demanda energética.

La encuesta está disponible en el anexo N°01

2.8 MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS

El estudio del potencial eólico de La Hacienda Membrillar, Libertad, Otuzco, SINSICAP, de 2015, según los datos recolectados tenemos un aproximado de cálculo del potencial eólico, teniendo estos resultados podemos definir cuanto de energía tenemos disponible para localidad.

La forma en que se tomó es cada una hora durante los meses de Enero, Febrero, Marzo, Abril y Mayo.

CAPÍTULO III

RESULTADOS

III. RESULTADOS

3.1. EVALUACION DE LA MÁXIMA DEMANDA ENERGETICA.

Según los resultados del estudio de mercado eléctrico realizado a la Hacienda Membrillar nos permitió conocer su máxima demanda en proyección horizontal.

Información de población y viviendas del centro poblado

El Centro Poblado Hacienda Membrillar, actualmente tiene una población de 133 habitantes y unas 33 viviendas de las cuales 03 son abonados usos generales (local comunal, PRONOEI, comedor popular), está ubicado en el distrito de Sincicap, Provincia de Otuzco Departamento de la Libertad.

Número de habitantes	Abonados domésticos	Abonados de uso general
133	30	03

CÁLCULO DE MAXIMA DEMANDA

Para hacer el cálculo de Máxima Demanda se utilizó el método del SNIP que es aplicada a los proyectos de inversión pública (Electrificación rural - Guía para la formulación de proyectos de inversión exitosos, 2011).

Parámetros principales para el cálculo de máxima demanda.

Tipos De Abonado

Se tomó en cuenta los siguientes datos.

- **Abonados Domésticos (AD):** son los abonados del área a electrificar.
-
- **Abonados de uso general (AUG):** son los lugares públicos como escuelas, postas, medicas, iglesias, casa comunal etc. Que son parte de la comunidad.

Consumos de energía por abonado

A continuación se muestra dos cuadros de cargas de los abonados el primero de consumo de abonados domésticos y el segundo de abonados de uso general. Estos cuadros fueron realizados basados en información de encuesta Anexo N°01.

CONSUMO DE ABONADOS DOMESTICOS						
ARTEFACTOS	N°	POTENCIA (W)	Kw	TIEMPO DE USO EN (HORAS)	ENERGÍA EN (kwh)	ENERGÍA EN (Kwh-mes)
Focos	6	30	0.18	6	1.08	45.15
Televisión	1	120	0.12	3	0.36	
Equipo de sonido	1	65	0.065	1	0.065	
TOTAL		0.365		0	1.505	

FUENTE: Elaboración propia

CONSUMO DE ABONADOS USO GENERAL						
ARTEFACTOS	N°	POTENCIA (W)	Kw	TIEMPO DE USO EN (HORAS)	ENERGÍA EN (wh)	ENERGÍA EN (Kwh-mes)
Fluorescente	12	20	0.24	6	1.44	89.7
Equipo de sonido	1	500	0.5	3	1.5	
OTROS	1	50	0.05	1	0.05	
TOTAL		0.8		0	2.99	

FUENTE: Elaboración propia

Tasa de crecimiento poblacional (r%)

Según los datos del censo del INEI 2007 el crecimiento poblacional de esta localidad es de 0.3% anual.

Estimación de la Demanda proyectada

Datos de Inicio: es de 133 habitantes

Grado de electrificación inicial:

En este caso se electrificara el centro poblado en su totalidad.

Se divide la población a electrificar entre la población total.

$$\text{Grado electrificación} = \frac{133}{133} \times 100 = 100\%$$

Consumo Unitario de energía de abonado doméstico (A.D.): este resultado se obtiene mediante el análisis de consumo de energía cada abonado (doméstico,) ya teniendo estos resultados se debe expresar en KW/h al año por abonado.

$$C.U = 45.15 \times 12 = 541.8 \text{ KWh} - \text{anual/abonado}$$

Consumo de energía para cada abonado uso general (A.U.G): este resultado se obtiene haciendo cada su consumo de energía a cada abonado de uso general (casa comunal, PRONEI, comedor popular) ya teniendo estos resultados se debe expresar en KW/h al año por abonado.

$$C.U = 89.7 \times 12 = 1076.4 \text{ KWh} - \text{anual/abonado}$$

Consumo anual de energía abonado doméstico (CAD): Se obtiene de la multiplicación individual del consumo unitario anual de abonado doméstico y el número de abonados.

$$CAD = C.U \times \text{Número de Abonados} = 541.8 \times 31 = 16795.8 \text{ kWh}$$

Consumo anual de energía abonado usos generales (AUG): este resultado lo obtenemos multiplicando el consumo individual de cada usuario de uso general y el total de número de usuarios.

$$CAUG = C.U \times \text{Número de Abonados} = 1076.4 \times 3 = 3229.2 \text{ kWh}$$

Consumo anual de energía por alumbrado público (CAP): lo obtenemos multiplicando los puntos de alumbrado por la potencia de las lámparas y la cantidad de horas a usar.

Determinación de los Puntos de Iluminación.

$$CAP\ mensual = F \times KALP \times Abonados\ totales$$

Teniendo en cuenta la formula el factor F representa el sistema eléctrico de distribución.

Sector de Distribución Típico	KALP (kW.h/usuario-mes)	Potencia de la lámpara vapor de sodio (W)
4	7.4	70
5	6.3	50
SER	6.3	50

Sector Típico de Distribución 5: Rural de media densidad.

Ahora reemplazamos en la formula

$$CAP\ mensual = 6.3(34) = 214.2\ kWh - mes$$

$$Puntos\ de\ Iluminación = \frac{CAP\ mensual * 1000}{360 \times PPL} = \frac{214.2 \times 1000}{360 \times (50 + 10)} = 9.91$$

Entonces serán 9 puntos de iluminación, ahora este multiplicamos por la potencia de la lámpara para saber el consumo de energía de alumbrado público, reemplazamos en la formula.

$$Cons.\ anual\ de\ energia\ de\ AP\ anual = Punto\ de\ iluminacion \times PLL \times 12 \times 360$$

$$\text{Consumo de energía de AP anual} = \frac{9 \times (50 + 10) \times 12 \times 360}{1000} = 2332.8 \text{ kWh}$$

Consumo Total de Energía: lo obtenemos sumando el consumo anual del total de los abonados incluyendo el alumbrado público.

$$\begin{aligned} \text{Consumo Total de abonados} &= C_{\text{domestico}} + C_{\text{uso general}} + C_{\text{a.público}} \\ \text{Consumo Total} &= 16795.8 \text{ kWh} + 3229.2 \text{ kWh} + 2332.8 \text{ kWh} = 22357.8 \text{ kWh} \end{aligned}$$

Ahora asumimos un porcentaje de pérdidas de energía del 0.9%.

Energía al ingreso del sistema (KW-h)

Energía de ingreso al sistema sería el consumo total de los abonados domésticos más las pérdidas de energía.

$$\text{Energía de ingreso al sistema} = \text{Consumo total de abonados}$$

$$\text{Energía de ingreso al sistema} = 22357.8 \text{ kWh} + 2012.202 \text{ kWh} = 24370 \text{ kWh}$$

Luego de haber calculado todos los consumos de energía del sistema se procede a calcular la capacidad requerida (máxima demanda) kW. Considera el factor de carga en sistemas eléctricos rurales (entre 20% y 35%¹²). Calcúlalo mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Maxima demanda} = \frac{\text{Energía Total}}{F.c \times 8760} = \frac{24370 \text{ kWh}}{22\% \times 8760} = 12.65 \text{ kW.}$$

ESTIMA DE LA DEMANDA PROYECTADA

A continuación muestra un cuadro donde se evalúo en una proyección de todos los abonados antes calculados para así obtener una proyección en un horizonte de 20 años.

La Energía a distribuir en los próximos 20 años es de 35908.5 kW-h y la Máxima Demanda proyectada es de 18.63 kW.

PROYECCION DE MAXIMA DEMANDA																					
DESCRIPCIÓN	Años																				
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Poblacion Total	133.0	134.7	136.5	138.3	140.1	141.9	143.7	145.6	147.5	149.4	151.3	153.3	155.3	157.3	159.4	161.4	163.5	165.7	167.8	170.0	172.2
Población a Electrificar		134.7	136.5	138.3	140.1	141.9	143.7	145.6	147.5	149.4	151.3	153.3	155.3	157.3	159.4	161.4	163.5	165.7	167.8	170.0	172.2
Grado de Electrificación	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Abonados Totales	33.0	34.0	34.0	35.0	35.0	35.0	36.0	36.0	37.0	37.0	38.0	38.0	39.0	39.0	40.0	40.0	41.0	41.0	42.0	42.0	43.0
Número de abonados domésticos	30.0	31.0	31.0	32.0	32.0	32.0	33.0	33.0	34.0	34.0	35.0	35.0	35.0	35.0	36.0	36.0	37.0	37.0	38.0	38.0	39.0
Número de abonados comerciales	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Número de abonados de Uso General	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Número de abonados de peq. Industrias	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Consumo anual por abonado doméstico		541.8	547.2	552.7	558.2	563.8	569.4	575.1	580.9	586.7	592.6	598.5	604.5	610.5	616.6	622.8	629.0	635.3	641.7	648.1	654.6
Consumo anual por abonado comercial		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Consumo anual por abonado de Usos Generales		1076.4	1076.4	1076.4	1076.4	1076.4	1076.4	1076.4	1076.4	1076.4	1076.4	1076.4	1076.4	1076.4	1076.4	1076.4	1076.4	1076.4	1076.4	1076.4	1076.4
Consumo anual por abonado de peq. Industrias		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Consumo anual de abonados domésticos (kW.h)		16795.8	16963.8	17686.1	17862.9	18041.6	18791.4	18979.3	19750.0	19947.5	20739.6	20946.9	21156.4	21368.0	22198.3	22420.3	23273.5	23506.2	24382.9	24626.8	25527.6
Consumo anual de abonados comerciales (kW.h)		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Consumo anual de abonados uso general (kW.h)		3229.2	3229.2	3229.2	3229.2	3229.2	3229.2	3229.2	3229.2	3229.2	3229.2	3229.2	4305.6	4305.6	4305.6	4305.6	4305.6	4305.6	4305.6	4305.6	4305.6
Consumo anual de abonados peq. industrial (kW.h)		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Consumo de energía (kW.h)		20025.0	20193.0	20915.3	21092.1	21270.8	22020.6	22208.5	22979.2	23176.7	23968.8	24176.1	25462.0	25673.6	26503.9	26725.9	27579.1	27811.8	28688.5	28932.4	29833.2
Calculo del consumo de Alumbrado Público																					
Consumo Mensual de AP - CMAP (KWh)		214.2	214.2	220.5	220.5	220.5	226.8	226.8	233.1	233.1	239.4	239.4	245.7	245.7	252.0	252.0	258.3	258.3	264.6	264.6	270.9
Puntos de Iluminación Sistema Convencional		9.0	9.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	12.0	12.0	12.0
Consumo anual de AP en Sist. Convencional (kW.h)		2332.8	2332.8	2592.0	2592.0	2592.0	2592.0	2592.0	2592.0	2592.0	2851.2	2851.2	2851.2	2851.2	2851.2	2851.2	2851.2	2851.2	3110.4	3110.4	3110.4
Consumo Total de energía en Sist. Convencional		22357.8	22525.8	23507.3	23684.1	23862.8	24612.6	24800.5	25571.2	25768.7	26820.0	27027.3	28313.2	28524.8	29355.1	29577.1	30430.3	30663.0	31798.9	32042.8	32943.6
Porcentaje de Pérdidas		0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
Pérdidas de Energía (kW-h)		2012.2	2027.3	2115.7	2131.6	2147.6	2215.1	2232.0	2301.4	2319.2	2413.8	2432.5	2548.2	2567.2	2642.0	2661.9	2738.7	2759.7	2861.9	2883.8	2964.9
Energía al ingreso del sistema (KW-h)		24370.0	24553.1	25622.9	25815.7	26010.4	26827.8	27032.6	27872.6	28087.9	29233.7	29459.8	30861.4	31092.0	31997.0	32239.0	33169.0	33422.7	34660.8	34926.6	35908.5
Factor de carga		22%	22%	22%	22%	22%	22%	22%	22%	22%	22%	22%	22%	22%	22%	22%	22%	22%	22%	22%	22%
Potencia al ingreso del sistema (KW)		12.65	12.74	13.30	13.40	13.50	13.92	14.03	14.46	14.57	15.17	15.29	16.01	16.13	16.60	16.73	17.21	17.34	17.99	18.12	18.63

Fuente: Elaboración propia

3.2 ANALISIS DEL POTENCIAL EOLICO PARA LA ENERGIA ELECTRICA:

A continuación se detalla los datos de velocidad del viento durante 05 meses,

En el proceso de estimación del recurso eólico Hacienda Membrillar, distrito de Sinsicap, por un lado se tienen datos permanentes de las condiciones meteorológicas cercanas al lugar registrados por una estación meteorológica, y por otro lado se ha procedido a la toma de mediciones del viento a la altura de 12 metros sobre el nivel del terreno, durante 5 meses (Enero a Mayo) con la siguiente frecuencia de registros:

- Velocidad del Viento: intervalo de promedio cada 15 minutos
- Dirección del Viento: Sur Oeste

El clima de la localidad de Hacienda Membrillar es mayormente frio, con una temperatura que oscila entre 10 y 20 C°.

Resultado de la toma de datos de la Velocidad del Viento en Hacienda Membrillar durante los meses de enero a julio de 2015:

Tabla: Velocidad promedio diaria del viento para el mes de Enero 2015

Días	ENERO				Velocidad Promedio Diaria (m/s)
	00:00 - 06:00	06:00 - 12:00	12:00 – 18:00	18:00 – 00:00	
01-06 /01/2015	6,03	4,56	3,54	6,44	5,14
07-12 /01/2015	6,05	4,62	3,63	6,35	5,16
13-18 /01/2015	6,13	4,61	3,65	6,13	5,13
19-24 /01/2015	5,87	4,76	3,74	6,08	5,11
25-30 /01/2015	5,88	4,46	3,37	6,09	4,95

Fuente: Elaboración propia

Tabla: Velocidad promedio diaria del viento para el mes de Febrero 2015

Días	FEBRERO				Velocidad Promedio Diaria (m/s)
	00:00 - 06:00	06:00 - 12:00	12:00 – 18:00	18:00 – 00:0 0	
01-06 /02/2015	6.03	4.77	3.87	6.81	5.37
07-12 /02/2015	6.05	4.77	3.82	6.75	5.35
13-18 /02/2015	6.13	4.66	3.69	6.62	5.28
19-24 /02/2015	5.87	4.89	3.86	6.54	5.29
25-28 /02/2015	6.10	4.50	3.53	6.50	5.16

Fuente: Elaboración propia

Tabla: Velocidad promedio diaria del viento para el mes de Marzo 2015

Días	MARZO				Velocidad Promedio Diaria (m/s)
	00:00-06:00	06:00 - 12:00	12:00 – 18:00	18:00 – 00:0 0	
01-06 /03/2015	6.03	4.67	3.76	6.96	5.35
07-12 /03/2015	6.05	4.72	3.89	6.83	5.37
13-18 /03/2015	6.30	4.87	4.10	6.82	5.52
19-24 /03/2015	6.12	5.09	4.16	6.75	5.53
25-30 /03/2015	6.03	4.78	4.01	6.91	5.43
31/03/2015	6.20	5.02	4.21	6.36	5.45

Fuente: Elaboración propia

Tabla: Velocidad promedio diaria del viento para el mes de Abril 2015

Días	ABRIL				Velocidad Promedio Diaria (m/s)
	00:00 - 06:00	06:00 - 12:00	12:00 - 18:00	18:00 - 00:00	
01-06 /04/2015	6.03	4.75	3.83	6.87	5.37
07-12 /04/2015	6.05	4.67	3.75	6.85	5.33
13-18 /04/2015	6.30	4.63	3.69	6.77	5.35
19-24 /04/2015	6.12	4.91	3.69	6.79	5.38
25-30 /04/2015	6.03	4.65	3.76	6.89	5.33

Fuente: Elaboración propia

Tabla: Velocidad promedio diaria del viento para el mes de Mayo 2015

Días	MAYO				Velocidad Promedio Diaria (m/s)
	00:00 - 06:00	06:00 - 12:00	12:00 - 18:00	18:00 - 00:00	
01-06 /05/2015	6.03	4.62	3.69	6.69	5.26
07-12 /05/2015	5.97	4.80	3.81	6.54	5.28
13-18 /05/2015	6.13	4.61	3.65	6.28	5.17
19-24 /05/2015	5.87	4.89	3.86	6.12	5.19
25-30 /05/2015	5.88	4.49	3.48	6.12	5.00
31/05/2015	5.99	4.70	3.60	6.20	5.12

Fuente: Elaboración Propia

Tabla: Velocidad promedio diaria del viento desde Enero hasta Mayo 2015

Mes	Hora y Velocidades				Velocidad Promedio Mensual (m/s)
	00:00 - 06:00	06:00 - 12:00	12:00 – 18:00	18:00 – 00:0 0	
Enero	5.99	4.60	3.59	6.21	5.10
Febrero	6.03	4.72	3.71	6.56	5.26
Marzo	6.12	4.85	4.02	6.77	5.44
Abril	6.10	4.72	3.74	6.83	5.35
Mayo	5.98	4.69	3.68	6.33	5.17

Fuente: Elaboración Propia

De lo anterior y considerando que necesitamos un 100% de persistencia en el tiempo tomaremos la Velocidad del Viento Mínima igual **4,02** m/s.

3.3 SELECCIONAR LOS COMPONENTES DEL SISTEMA EÓLICO.

Teniendo en cuenta las características del recurso eólico $V=4,02$ m/s en la Hacienda Membrillar, Distrito de Sinsicap, Provincia de Otuzco, Departamento de La Libertad y los requerimientos de Energía Eléctrica que es de 35908.5 kW-h y la Máxima Demanda proyectada es de 18.63 Kw, en los 20 años de evaluación, seleccionamos el generador siguiente:

Los datos técnicos de los componentes son del catálogo SERdelSUR se muestran también en Anexo N°02. Véase también planos diseño y esquema de aerogenerador en Software CAD, AutoCAD. Ver anexo N°03.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS, ELÉCTRICAS	
Número de palas	3
Material de las palas	Fibra de vidrio con resinas y núcleo de poliuretano
Generador	250rpm nominaleds imanes de neodimio
Potencia	3000W
Potencia nominal	1900W
Tensión	24 / 48 / 220V
Clase de viento	CLASS 1 / IEC 61400-2 / NVN I - A
Sentido de giro	Horario
Area de barrido	11,34m²
Peso	125Kg
Aplicaciones	Conexiones aisladas a baterías, conexión a la red eléctrica,
Viento de arranque	1,8m/s.
Velocidad nominal	11m/s.
Velocidad regulación del paso	12m/s.
Velocidad de supervivencia	Más de 60m/s
Rango de generación eficiente	De 2 a 60m/s
Tipo	Rotor de eje horizontal a barlovento

Curva de Potencia

Velocidad de Viento [m/s]	3	3,5	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11	12
Potencia [kW]	2,0	3,5	4,3	4,6	5,0	6,0	6,4	7,8	8,5	9,8	10

Fuente: <http://www.serdelsur.com/index-P-meolicoC.html>

3.3.1. CARACTERÍSTICAS DEL AEROGENERADOR SELECCIONADO:

Este Modelo FD de aerogeneradores, se pueden utilizar de forma independiente del sistema o ser conectados a la red eléctrica, con diferentes ajustes según la demanda. Resalta su eficiencia en la producción eléctrica, con un avance significativo en estabilidad y seguridad del sistema.

Ofrecen un sistema avanzado de saturación magnética, lo que mejora la protección y el funcionamiento de la turbina de viento, evitando ser dañados por vientos

superiores (tipo huracán), destacándose especialmente la tecnología electrónica de orientación de las turbinas de viento.

1. Generador diseñado con la función de saturación magnética; puede trabajar por 20 años bajo un cuidado y mantenimiento normal.
2. Su electromotor utiliza tecnología de bajo torque de arranque (2 m/s de velocidad de viento para la puesta en marcha).
3. Los aerogeneradores utilizan diseño sin timón y sistema de parada electrónico.
4. PWM función de recarga constante de voltaje proporciona una salida estable.
5. Controlador de carga, realizará un volcado de protección cuando la tensión pasa a alta.
6. Frenos electrónicos y manuales (opcional).
7. Mecanismo de protección: Ajusta la dirección de la turbina a 90° con respecto a la dirección del viento cuando alcanza la velocidad de seguridad.
8. Acoplado con mecanismo de sistema de frenos hidráulicos.
9. Su ciclo de vida es de 20 años con un mantenimiento normal.
10. Certificados: CE, ISO 9001:2000.
11. Garantía del aerogenerador 3 años, otras partes 1 año.

CARACTERISTICAS DE LOS COMPONENTES DEL AEROGENERADOR

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
MODELO FD 3000 E		
Generador 3kw/240v	Und.	18
Aspas 3kw,3 aspas	Set	18
Altura 12m, φ630*4m*δ8 φ480*4m*δ8 φ325*4m*δ6	Set	18
Controlador 3kw/240v	Und.	18
3kW/240v, Salida de onda sinusoidal de voltaje opcional	Und.	18
Bateria SLA 12V/200AH	Und.	360

3.3.2. DETERMINACION DE PARAMETROS DEL AEROGENERADOR SELECCIONADO

A) ÁREA DEL BARRIDO CIRCULAR

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4}$$

Donde:

$$\pi = 3.1416$$

D = diámetro del rotor (m)

$$A = \frac{3,1416 \times 8^2}{4}$$

$$A = 50,26 \text{ m}^2$$

B). POTENCIA DEL VIENTO (W)

$$PV = \frac{\pi}{8} \delta \times D^2 \times v^3$$

Dónde:

Pv = Potencia del viento (w)

δ = Densidad del aire (kg/m³)

$$\pi = 3.1416$$

D = diámetro del rotor (m)

V = Velocidad del viento (m/s)

$$Pv = \frac{3,1416}{8} \times 1,225 \times 8^2 \times 4,02^3$$

$$Pv = 2\,000,12 \text{ W}$$

C).POTENCIA DEL EJE DEL ROTOR

$$Pr = CP \times \eta_g \times \eta_l \times \frac{\rho}{2} \times A \times V^3$$

Dónde:

Pr = potencia del rotor (w)

CP = 0,40

η_g = Rendimiento del generador eléctrico (para un buen generador $\eta_g = 0,90$.

Si el generador proviene de la industria automotor $\eta_g = 0,50$)

η_l = Rendimiento de transmisión. Si la turbina posee un multiplicador de velocidad de giro $\eta_t = 0,90$ para caja de Engranajes, $\eta_t = 0,85$ para cadenas,

$\eta_t = 0,8$ para correas. Si tiene transmisión directa $\eta_g = 1$).

P = densidad ($1,225\text{kg}/\text{m}^3$)

A = área del rotor (m^2)

V = velocidad del viento (m/s)

TABLA N°10: Coeficiente de Funcionamiento CP

TIPO DE TURBINA	NORMAL	MÁXIMO
Bomba de agua	0.25	0.35
Cargadores Eólicos	0.35	0.4
Aerogeneradores Grandes	0.45	0.5

Fuente: Energía Eólica Manual Técnico para Pequeñas Instalaciones/Autores M. Sc Ing. Carlos Orbegoso Ing. Roberto Arivilca.

$$Pr = 0,40 \times 0,90 \times 1 \times \frac{1,225}{2} \times 50,26 \times 4,02^3$$

$$Pr = 719.96 \text{ w}$$

D) COEFICIENTE DE POTENCIA TEORICO

$$CP = \frac{Pr}{\frac{1}{2} \times p \times v^3 \times A}$$

Dónde:

CP = Coeficiente de potencia

Pr = Potencia del eje del rotor (W)

P = Densidad del aire (kg/m³)

V = Velocidad del viento (m/s²)

A = Area del rotor (m²)

$$CP = \frac{719,96 \text{ w}}{\frac{1}{2} \times 1,225 \times 4,02^3 \times 50,26}$$

$$CP = 0.359$$

El CP máximo puede ser 0.59 por el teorema de Limite de Betz se expresa en un concepto fundamental donde menciona que =la máxima demanda teórica extraída del aire con un aerogenerador no puede superar el 59%de la potencia disponible del viento” como se muestra en el la figura.

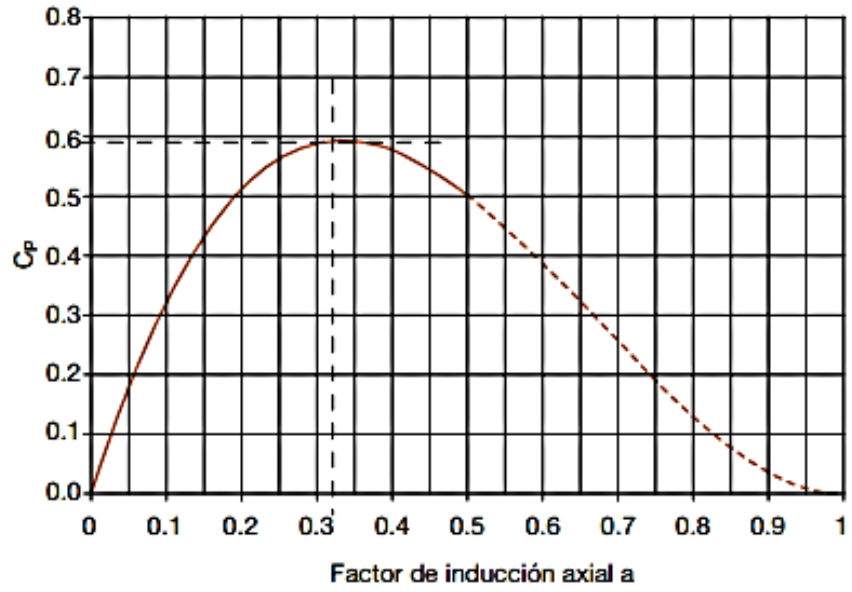


Fig.N°12: Coeficiente de potencia

Fuente: cuadernillo de aplicaciones técnicas N° 12: Plantas eólicas

3.4 PRESUPUESTO Y EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO:

3.4.1. PRESUPUESTO PARA INSTALACION DEL AEROGENERADOR

El Presupuesto que involucra la instalación del Aerogenerador lo podemos apreciar en la siguiente tabla:

Presupuesto para Instalación del Aerogenerador

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	Precio Unitario S/.	Sub. Total S/.
1.00	SUMINISTRO DE MATERIALES				
1.01	Generador 3kw/240v	Und.	18	86400	86400
	Aspas 1kw,3 aspas	Set	18		
	Altura 12m, φ630*4m*δ8 φ480*4m*δ8 φ325*4m*δ6	Set	18		
	Controlador 3kw/240v	Und.	18		
	3kW/240v, Salida de onda sinusoidal de voltaje opcional	Und.	18		
	Bateria SLA 12V/200AH	Und.	360		
2.00	MONTAJE DE MATERIALES				17280
3.00	TRANSPORTE DE MATERIALES				8640

FUENTE: Elaboración propia

3.4.2. EVALUACIÓN ECONÓMICA

Para realizar la evaluación económica que resulta de instalar un Aerogenerador en el Centro Poblado Hacienda Membrillar, del Distrito de Sinsicap, Provincia de Otuzco, Departamento de La Libertad, se ha tomado los siguientes criterios.

La inversión total a realizar es de **S/. 125,798.40**

3.4.2.1. Costo de energía KWh.

La inversión corresponde a los costos totales del proyecto, sin considerar el IGV.

INVERSION	
Descripcion	Monto (S/.)
Equipos y otros	S/. 125,798.40
TOTAL DE COSTOS ESTIMADOS	S/. 125,798.40
TOTAL DE INVERSION DEL PROYECTO	S/. 125,798.40
Financiamiento	
Descripcion	Monto (S/.)
Aporte propio	S/. 95,000.00
Financiamiento	S/. 30,798.40
Total inversion	S/. 125,798.40
Descripcion	Monto (S/.)
Condicieones de financiamiento	
Prestamo	S/. 30,798.40
Tasa Efectiva anual	16.42%
Tasa efectiva mensual	1.28%
Plazo en meses	60
Cuota mensual, Soles/mes	S/. 737.55

Fuente: Superintendencia de Banca y seguros

<http://www.sbs.gob.pe>

TASAS DE INTERÉS ACTIVAS DE MERCADO

2016-07-14		Open the calendar popup.		(dd/mm/aaaa)		<input type="button" value="Consultar"/>	<input type="button" value="Exportar"/>
Ingrese fecha:		14/07/2016					
Tasa de Interés Activa Promedio de Mercado Efectiva al 14/07/2016							
Moneda Nacional(TAMN)	16.42%	Anual	Factor Diario	0.00042			
			Factor Acumulado	2,968.68507			
Moneda Nacional(TAMN + 1)	17.42%	Anual	Factor Diario	0.00045			
			Factor Acumulado	5,405.67374			
Moneda Nacional(TAMN + 2)	18.42%	Anual	Factor Diario	0.00047			
			Factor Acumulado	9,790.42995			
Moneda Extranjera(TAMEX)	7.89%	Anual	Factor Diario	0.00021			
			Factor Acumulado	18.11873			
Tasa de Interés Promedio de las Operaciones Realizadas en los últimos 30 Días Útiles al 14/07/2016							
Moneda Nacional(FTAMN)			20.59%	Anual			
Moneda Extranjera(FTAMEX)			6.94%	Anual			

<http://www.sbs.gob.pe>

GENERACIÓN Y VENTA DE ENERGIA ANUAL

proyeccion en años	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Energía al ingreso del sistema (KW-h)	24370.0	24553.1	25622.9	25815.7	26010.4	26827.8	27032.6	27872.6	28087.9	29233.7	29459.8	30861.4	31092.0	31997.0	32239.0	33169.0	33422.7	34660.8	34926.6	35908.5

Se observa que la demanda anual inicial de EE sería de 24370 kw-h/año. Ahora bien lo que se busca es encontrar costo unitario de la energía, para ello tenemos que conseguir los datos de para reemplazar en la formula y tener una idea de cuanto se trata el costo unitario de energía.

$$\text{Costo unitario de energia} = \frac{COM + CAP}{(Pot. inst.)(dias de \frac{funcionamiento}{año})(f_{planta})}$$

Donde:

COM: Costo de operación y mantenimiento

CAP: Cuota anual de préstamo

Pot inst: Potencia intalada

Fplanta: Factor de planta

$$\text{Costo unitario de energia} = \frac{2500 + 16593.5}{(18.63)(8700)(0.4)} = 0.294 \frac{Ns}{kWh}$$

Precio de venta a establecer: 0.3 NS/kw-h, menor que el precio de venta de la empresa distribuidora, 0.52 NS/kw-h.

3.4.2.2. Ecuación utilizada para elaborar tabla de ingresos por venta de EE

$$IVEE \left(\frac{NS}{\text{año}} \right) = EE_{\text{anual}} * \text{Precio}_{\text{unit-EE}}$$

Donde:

IVEE: Ingresos por venta de EE, sin IGV, NS/año

EEanual: Energía eléctrica vendida anualmente, kw - h/año

Preciounit - EE = Precio unitario de venta de EE, NS/kw - h

Reemplazamos:

$$IVEE = \left(24370 \frac{kWh}{\text{año}} \right) \left(\frac{0.3NS}{kwh} \right) = 7311NS - \text{Año}$$

A continuación se muestra cuadro de evaluación para determinar la viabilidad del proyecto.

Tabla: Evaluación Económica la Instalación del Aerogenerador en el Centro Poblado Hacienda Membrillar

Beneficio anual	7,311
------------------------	--------------

Costos operativos

Costo de Mantenimiento	4,500
Sueldos	

* VAN y TIR: Con financiamiento del préstamo del banco.

Flujo de Caja Financiero

	Año																				
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Pago Servicio de deuda																					
Préstamo	125798.4																				
interés		4,409.29	3,680.02	2,831	1,843	692															
Amortización, NS/año		4,441	5,171	6,020	7,008	8,159															
Mantenimiento, NS/año		4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
Total egresos, NS/año		13351	13351	13351	13351	13351	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500

FLUJO DE CAJA FINANCIERO																				
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
-125798	-6040	-5985	-5664	-5606	-5548	3548	3610	3862	3926	4270	4338	4758	4828	5099	5172	5451	5527	5898	5978	6273

COK	16.42%
VAN	-S/. 133,592
TIR	-5%
Duración IC, años	20 Años
PRI (Años)	Años

3.4.2.3. Análisis de los resultados.

De acuerdo a los indicadores de rentabilidad obtenida en esta evaluación económica que muestran el VAN negativo, la TIR por debajo de tasa de descuento empleada, esto indica que el (PROYECTO NO ES ENTABLE) económicamente y financieramente su ejecución.

Cabe mencionar que después de haber hecho el proceso de cálculos del aerogenerador y una vez analizado en las condiciones de las leyes naturales y haber tomado criterios de diseño donde se tomó de las tablas de análisis de velocidades del viento donde se consideró para su diseño 4 m/s^2 siendo este el mínimo resultado en la cual no hace posible satisfacer nuestra máxima demanda analizada de 18.6kW. Teniendo en cuenta esa consideración se hizo el análisis con 18 aerogeneradores de 1 kW de potencia de tal manera que se pueda satisfacer la máxima demanda mencionada.

Una vez analizadas estos procesos podemos decir que no es viable económicamente ni técnicamente.

3.5 PLAN DE MANTENIMIENTO PARA EL SISTEMA EOLICO A IMPLEMENTAR.

Se considera obligativamente un plan de mantenimiento a cada aerogenerador para Los aerogeneradores para de esta manera alargar la vida útil de los equipos.

En este plan de mantenimiento se considera hacerlo cada 6 meses con una parada de planta de 8 a 10 horas para realizar el mantenimiento preventivo donde se hará una inspección visual de todo el equipo ajuste de todos los pernos, engrase de las partes móviles etc.

A continuación se detalla las siguientes actividades del mantenimiento.

Mantenimiento Preventivo:

1.- CIMENTACION DE LA TORRE:

- Grietas en la cimentación.

2.- GENERADOR:

- Engrase a las partes móviles y rodamientos.
- Inspección y apriete de cada tipo de caja de borneras
- Limpieza de filtros del intercambiador.
- megado de cables, estator devanado y el rotor.

3.- ROTOR:

- Ajuste de tornillos que soportan el buje.
- Engrase de los rodamientos y cambio de retenes.
- Pares de apriete rodamientos álabe-buje.
- Inspección del eje principal y el rotor.
- Engrase de eje principal y rodamientos.
- Comprobación alineación eje principal.
- Megado devanados estator y rotor.

4.- PALAS:

- Inspección visual de las palas
- Detección de fisuras.

5.- REGUARDOR O CONTROLADOR:

- Revisión de bornes
- inspección de diodos
- Funcionamiento de los indicadores e intensidad y caídas de tensión entre terminales.
- Cableado y conexión de terminales.

6.-SISTEMA HIDRÁULICO:

- Revisión de niveles.
- Comprobación accionando este manualmente.
- Holgura de amortiguadores hidráulicos y pérdidas de aceite.

7.- BATERIAS:

- Nivel de carga
- Terminales, su conexión y engrase
- Apriete terminales sobre bornes.

8.-INVERSOR:

- Inspección visual de las alarmas,
- Inspección del cableado y la limpieza del inversor

9.-REGULADOR:

- Inspección visual de las alarmas,
- Inspección del cableado y la limpieza del regulador.

En este mantenimiento habrá de incluir todas las operaciones de mantenimiento, las cuales se presentan detalladas en el siguiente cuadro de tareas, que son necesarios para asegurar que el sistema funcione correctamente durante su vida útil.

La periodicidad mínima establecida (en meses) se presenta las abreviaturas ubicadas en la leyenda debajo el cuadro de tareas.

LEYENDA DE ABREVIATURAS:

V: Inspección visual

CF: Comprobación de funcionamiento

AV: Actuación de verificación

TABLA N°18: Cuadro de manteniendo preventivo para aerogenerador

ELEMENTOS	OPERACIÓN	TAREAS	MES
AEROGENERADOR			
CIMENTACION Y TORRE	Inspección visual de desprendimiento de material, índices de corrosión	V	12
	Pares de apriete		
PALAS	Fisuras y marcas de grietas	AV	12

GENERADO R	Engrase de rodamientos	AV	12
	Inspección y apriete de caja de bornes		
	Inspección de anillos y escobillas		
	Megado de devanados y estator		
ROTOR	Fisuras y tornillos soporte	AV	12
	Retenes y engrases de rodamientos de alabes		
	Uniones rotor y eje principal		
	Engrase de rodamiento de eje principal		
	Comprobación de alineación de eje principal		
	Megado de devanados del estator y rotor		
REGULADO R	Revisión de bornes	CF	12
	Inspección de diodos		
	Funcionamiento de los indicadores e intensidad de caída de tensión entre los terminales		

	Cableado y conexiones de terminales	AV	
INVERSOR	Inspección visual de alarmas	CF	12
	Inspección del cableado y limpieza del inversor	AV	12
BATERIAS	Terminales, su conexión y engrase	AV	6
	Apriete de terminales sobre bornes		
	Revisión de niveles	AV	6
	Comprobación accionado este manualmente		
	Perdida de aceite	CF	

Fuente: Elaborada por el Autor

CAPÍTULO IV DISCUSIÓN

IV. DISCUSIÓN

- Para poder determinar la capacidad del Aerogenerador a instalar, se realizó la Proyección del Mercado Eléctrico del Centro Poblado Hacienda Membrillar, determinando que la Máxima Demanda es de 18.6 kW, lo cual nos ratifica que los consumos de zonas rurales alejadas de las redes convencionales no es muy atractiva para los Distribuidores por los bajos consumos que ostentan.
- En cuanto a la velocidad del Viento, para obtener los valores se hizo uso de un Anemómetro, el mismo que se instaló a una altura de 12 metros, altura que coincide con la torre del generador seleccionado. No se hizo uso del Atlas Eólico toda vez que los datos de velocidad del Viento han sido obtenidas a alturas de 80 m. Así mismo respecto al SENAMHI, no existe una estación meteorológica cerca al área de nuestro Proyecto, es por eso que tampoco se tomó dichos datos, además como sabemos el SENAMHI registra la velocidad del viento a una altura de 10 m.
- De los valores de velocidad de viento obtenidos, se ha tomado la Velocidad de Viento mínima 4,0 m/s, velocidad que tiene una persistencia de 100%, lo cual no garantiza cubrir los requerimientos de Energía y Máxima Demanda.
- Se ha seleccionado Aerogeneradores de la Marca SERdelSUR, de una Potencia Instalada de 3 kW para una Velocidad Nominal del Viento de 4 m/s, pero de acuerdo a su curva de potencia generará con una Velocidad de Viento de 4,0 m/s generará una potencia de 0.7 kW, con lo cual no cubre la Máxima Demanda proyectada a 20 años del Centro Poblado Hacienda Membrillar.
- En cuanto a la evaluación económica realizada esta se hizo con una Tasa Nominal de Descuento de 16.42% de acuerdo a lo establecido por el banco.

CAPÍTULO V

CONCLUSIÓN

V. CONCLUSIÓN

Tomando en cuenta los objetivos planteados en el presente trabajo de investigación se concluye:

- La Máxima Demanda actual y proyectada requerida por la población de la Hacienda Membrillar, Distrito de Sinsicap, Provincia de Otuzco, Departamento de La Libertad en el Primer año es de 12.65 kW y en el año 20 es de 18.6 kW. En cuanto a la Energía requerida esta es en el Primer año de 24370 kw-h y en el año 20 es de 35908.5 kw-h.
- De las mediciones realizadas se concluye que la Velocidad Mínima del viento en el Centro Poblado Hacienda Membrillar es de 4,02 m/s.
- Tomando en cuenta las necesidades de Energía y Máxima Demanda requerida por las viviendas de Hacienda Membrillar y la velocidad del viento se concluye que el Aerogenerador más apropiado es el de la marca SERdeISUR – OUYAD modelo FD-3000 E de una Potencia Instalada de 3 kW, con las siguientes características:

Marca	SERdeISUR – OUYAD
Modelo	FD-3000 E
Potencia Nominal (W)	3000W
Voltaje Nominal (V)	240
Diámetro del rotor (m)	4.5
Velocidad de arranque (m/s)	2
Velocidad nominal (m/s)	10
Velocidad de seguridad (m/s)	35
Tipo de parada	Electrónica
Tasa Nominal Rotación (r/m)	185
Trabajo del generador	Saturación magnética
Material del aspa	Fibra de vidrio

Material del Generador	hierro fundido
Vida Útil	Mayor a 20 años

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
Generador	3kw/240v	Und.	18
Aspas	3kw,3 aspas	Set	18
Torre	Altura 12m, φ630*4m*δ8 φ480*4m*δ8 φ325*4m*δ6	Set	18
Controlador	3kw/240v	Und.	18
Inversor	3kW/240v, Salida de onda sinusoidal de voltaje opcional	Und.	18
Bateria SLA	12V/200AH	Und.	360

- La inversión total que involucra la instalación del aerogenerador en el Centro Poblado Hacienda Membrillar es de S/. 125,798.4 y realizando la evaluación económica en un plazo de 20 años obtenemos un valor negativo de **VAN S/- 133,592** y un **TIR -5%**., concluyendo que el proyecto económicamente no es rentable.
- Con el propósito de que el Aerogenerador cumpla con generar energía eléctrica y no sufra desperfectos adjuntamos un Plan de Mantenimiento con su respectivo cronograma.

CAPÍTULO VI

RECOMENDACIONES

VI. RECOMENDACIONES

Creo por conveniente citar las siguientes recomendaciones:

- Realizar una evaluación de los diversos aerogeneradores utilizados en electrificación rural a fin de estandarizar las especificaciones técnicas.
- Evaluar otras posibilidades de producción de energía en el Centro Poblado Hacienda Membrillar como por ejemplo la Fotovoltaica.
- Se debe capacitar, a personal de la zona, para realizar el mantenimiento, de manera que su costo sea menor.

CAPÍTULO VII
REFERENCIAS
BIBLIOGRÁFICAS

VII. REFERENCIAS

- ALMONACID 2009. Principio de funcionamiento de una turbina eólica.
- ALMONACID, A. y NAHUELHUAL L. 2009. Estimación del potencial eólico y costos de producción de energía eólica en la zona de Valdivia, sur de Chile. Agro sur 37(2) 1003-109.
- Escuela Universitaria Politécnica Universidad de Sevilla c/ Virgen de África, 741011 Sevilla Departamento de Ingeniería Eléctrica “estudio técnico y de rentabilidad de un sistema híbrido solar eólico para suministro de energía eléctrica a una granja avícola” Alfonso Bachiller Soler, Pedro J. Martínez La cañina.
- CENERGIA/ECOFYS: Módulo de Energía Eólica (Teoría) 2010 SENATI
- Manual de Planificación y programación de mantenimiento (TEPSUP)
- Manual de instalación y reparación de aerogeneradores de baja potencias (Programa de Ahorro de Energía, PAE, del Ministerio de Energía y Minas, MEM,)
- Cuaderno de aplicaciones técnicas N° 12 Plantas eólicas (ABB)
- Energía Eólica Manual técnico para pequeñas instalaciones (M. Sc. Ing. Carlos Orbegozo Ing. Roberto Arivilca)
- Ingeniería de la energía eólica : Autor: Miguel Villarubia López

ANEXOS

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	Precio Unitario S/.	Sub. Total S/.
1.00	SUMINISTRO DE MATERIALES				
1.01	Generador 1kw/240v	Und.	18	86400	86400
	Aspas 1kw,3 aspas	Set	54		
	Altura 12m, φ630*4m*δ8 φ480*4m*δ8 φ325*4m*δ6	Set	18		
	Controlador 1kw/240v	Und.	18		
	1kW/240v, Salida de onda sinusoidal de voltaje opcional	Und.	18		
	Bateria SLA 12V/200AH	Und.	360		
2.00	MONTAJE DE MATERIALES				17280
3.00	TRANSPORTE DE MATERIALES				8640
4.00	COSTO DIRECTO				112320
5.00	GASTOS GENERALES Y UTILIDADES				13478.4
6.00	COSTOTOTAL				S/. 125,798.40

INVERSION	
Descripcion	Monto (S/.)
Equipos y otros	S/. 125,798.40
TOTAL DE COSTOS ESTIMADOS	S/. 125,798.40
TOTAL DE INVERSION DEL PROYECTO	S/. 125,798.40
Financiamiento	
Descripcion	Monto (S/.)
Aporte propio	S/. 95,000.00
Financiamiento	S/. 30,798.40
Total inversion	S/. 125,798.40
Descripcion	Monto (S/.)
Condicieones de financiamiento	
Prestamo	S/. 30,798.40
Tasa Efectiva anual	16.42%
Tasa efectiva mensual	1.28%
Plazo en meses	60
Cuota mensual, Soles/mes	S/. 737.55

Flujo de caja económico

DEPRECIACIÓN Y AMORTIZACIÓN				Valor	Tasa de Interés	Depreciación Anual															
Inversión Total				125798.4	16.42%	8,387															
						41,180															
FLUJO DE EFECTIVO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Ingreso por venta de EE		7311.0	7365.9	7686.9	7744.7	7803.1	8048.3	8109.8	8361.8	8426.4	8770.1	8837.9	9258.4	9327.6	9599.1	9671.7	9950.7	10026.8	10398.3	10478.0	10772.6
EGRESOS																					
Mantenimiento		4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4501	4502	4503	4504	4505
Depreciación y amortización		8,387	8,387	8,387	8,387	8,387	8,387	8,387	8,387	8,387	8,387	8,387	8,387	8,387	8,387	8,387	8,387	8,387	8,387	8,387	8,387
Total egresos		12886.56	12886.56	12886.56	12886.56	12886.56	12886.56	12886.56	12886.56	12886.56	12886.56	12886.56	12886.56	12886.56	12886.56	12886.56	12887.56	12888.56	12889.56	12890.56	12891.56
Flujo neto		-5575.55940	-5520.63713	-5199.67756	-5141.84406	-5083.43222	-4838.23029	-4776.78231	-4524.77114	-4460.18858	-4116.43510	-4048.61676	-3628.13743	-3558.95594	-3287.44825	-3214.85986	-2936.85835	-2861.75407	-2491.30679	-2412.57660	-2119.00812
+ Depreciación y amortización		41180	41180	41180	41180	41180	41180	41180	41180	41180	41180	41180	41180	41180	41180	41180	41181	41182	41183	41184	41185

FLUJO DE CAJA ECONOMICO DE INGRESOS																				
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
-30798.4	2811.0	2865.9	3186.9	3244.7	3303.1	3548.3	3609.8	3661.8	3626.4	4270.1	4337.9	4758.4	4827.6	5099.1	5171.7	5449.7	5524.8	5895.3	5974.0	6267.6

Beneficio anual	7,311
-----------------	-------

Costos operativos

Costo de Mantenimiento	4,500
Sueldos	

* VAN y TIR : Con financiamiento del préstamo del banco.

Flujo de Caja Financiero

	Año																				
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Pago Servicio de deuda																					
Préstamo	125798.4																				
Interés		4,409.29	3,680.02	2,831	1,843	692															
Amortización, NS/año		4,441	5,171	6,020	7,008	8,159															
Mantenimiento, NS/año		4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
Total egresos, NS/año		13351	13351	13351	13351	13351	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500

FLUJO DE CAJA FINANCIERO																				
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
-125798	-6040	-5985	-5664	-5606	-5548	3548	3610	3862	3926	4270	4338	4758	4828	5099	5172	5451	5527	5898	5978	6273

COK	16.42%	
VAN	-\$/ 133,592	
TIR	-5%	
Duración IC, años	20	Años
PRI (Años)		Años

Anexo N°01

FORMATO DE ENCUESTA

LOCALIDAD:.....

1. UBICACIÓN

1.1. Departamento: Provincia: Distrito :
 1.2. Región: 1.3. Este (utm) : 1.4. Norte (utm):
 1.5. Altitud: m.s.n.m. 1.6. Área localidad:km² 1.7. Temperatura Promedio:

2. POBLACION

2.1. Número Total de Viviendas de la localidad
 2.2. Número Total de Habitantes 2.3. Número Total de Habitantes mayores de 15 años

3. COMUNICACIONES

3.1. ¿ Qué medio utiliza para comunicarse con la capital de su distrito?

Camino de Herradura Río
 Carretera Otro (Especifique))

3.2. ¿ Qué distancia y qué tiempo hay entre su localidad con:

La capital del distrito : km horas
 La capital de la provincia : km horas

3.3. Acceso a la localidad (desde la ciudad más próxima)

Desde	Hasta	Tiempo (Hr)	Distancia (Km)	Medio Transporte	Frecuencia
.....
.....
.....

3.4. Su localidad cuenta con servicios de:

Tenencia Gobernación
 Club de Madres Internado P.N.P. Televisión
 Local Comunal Teléfono Radio
 (otros)

4. SERVICIOS BÁSICOS

4.1. N° de Viviendas con piso de tierra 4.2. N° de Viviendas sin agua ni desagüe
 4.3. Agua Potable : Domiciliaria Piletas
 4.4. Instalaciones Sanitarias : Desagüe Letrinas

5. ENERGIA

5.1. ¿Tiene energía eléctrica? SI NO 5.2. N° de Viviendas sin servicio eléctrico
 Si la tiene, indique de qué tipo: Central Hidráulica Grupo Térmico
 Sistema Interconectado Panel Solar
 5.3. Horas al día con energía eléctrica? Horas 5.4. N° de viviendas sin electrodomésticos
 5.5. Consumo promedio de energía kw-h/mes-familia 5.6. Pago promedio S./mes-familia
 5.7 Gasto equivalente de energía en velas, mecheros, combustible, carbón, etc, por familia S/.....

6. SALUD

6.1. ¿Existe Puesto o Centro de Salud en su localidad? SI NO

6.2. Si su respuesta es NO, indique el Puesto de Salud más cercano a su localidad:

Localidad donde se ubica el Puesto: Distancia:

7. EDUCACION : Indique si su localidad cuenta con:

Centro de Educación Inicial SI NO N° Alumnos

Centro de Educación Primaria SI NO N° Alumnos

Centro de Educación Secundaria SI NO N° Alumnos

Instituto Tecnológico SI NO N° Alumnos

Otros centros Especifique tipo y número de alumnos.....

8. ACTIVIDADES ECONOMICAS

8.1. Agricultura Productos principales de cultivo.....

Tierra de cultivo permanente por familia Hectáreas

Tierra de pastoreo por familia Hectáreas

Existen terrenos de Reserva Natural SI NO

Número de familias dedicadas a la agricultura:

Ingreso promedio mensual por familia: S/.

Cuanto está dispuesto a pagar por consumo de energía mensual: S/.....

La producción se destina a: Consumo Propio Venta Trueque

8.2. Ganadería Reses/familia Ovejas-Cabras/familia Auquénidos/familia

Número de familias dedicadas a la ganadería:

Ingreso promedio mensual por familia: S/.

Cuanto está dispuesto a pagar por consumo de energía mensual: S/.....

La producción se destina a: Consumo Propio Venta Trueque

8.3. Comercio Principales productos que se comercializan.....

Número de familias dedicadas al comercio:

Ingreso promedio mensual por familia: S/.

Cuanto está dispuesto a pagar por consumo de energía mensual: S/.....

La producción se destina a: Consumo Propio Venta Trueque

8.4. Minería Principales minerales de explotación.....

Nombre de la Compañía Minera:

Número de familias dedicadas a la actividad:

Ingreso promedio mensual por familia: S/.

Cuanto está dispuesto a pagar por consumo de energía mensual: S/.....

El proceso de explotación es: Industrializado Artesanal

8.5. Otra Actividad Especifique.....

Número de familias dedicadas a la actividad:

Ingreso promedio mensual por familia: S/.

Cuanto está dispuesto a pagar por consumo de energía mensual: S/.....

La producción se destina a: Consumo Propio Venta Trueque

9. QUIPOS ELECTRICOS QUE UTILIZARIA

Principales equipos de utilidad:

- Equipo de sonido	<input type="checkbox"/>	SI	Nº de viviendas:.....	<input type="checkbox"/>	NO
- TV	<input type="checkbox"/>	SI	Nº de viviendas:.....	<input type="checkbox"/>	NO
- Refrigerador	<input type="checkbox"/>	SI	Nº de viviendas:.....	<input type="checkbox"/>	NO
- Luminarias	<input type="checkbox"/>	SI	Nº de viviendas:.....	<input type="checkbox"/>	NO
- Plancha	<input type="checkbox"/>	SI	Nº de viviendas:.....	<input type="checkbox"/>	NO
- Otros	<input type="checkbox"/>	SI	Especifique.....		Nº de viviendas:.....

POR EL CONSULTOR:

POR LA LOCALIDAD:

(Firma del Responsable de la Encuesta)

Nombre :

Cargo :

(Vº Bº Autoridades locales)

Nombre :

Cargo :

(VºBº Jefe de Estudio)

Nombre :

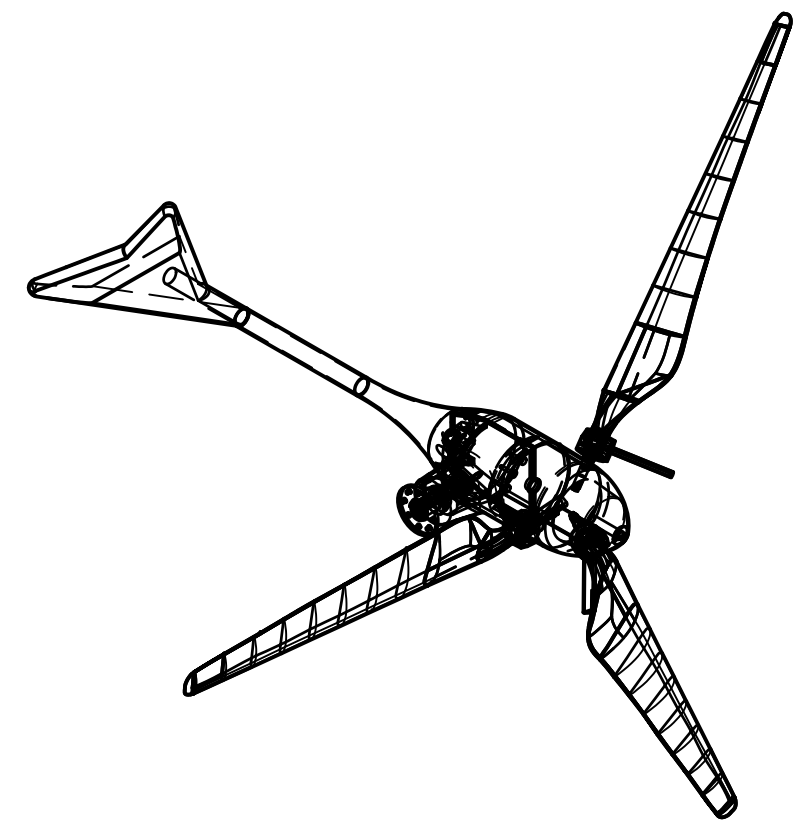
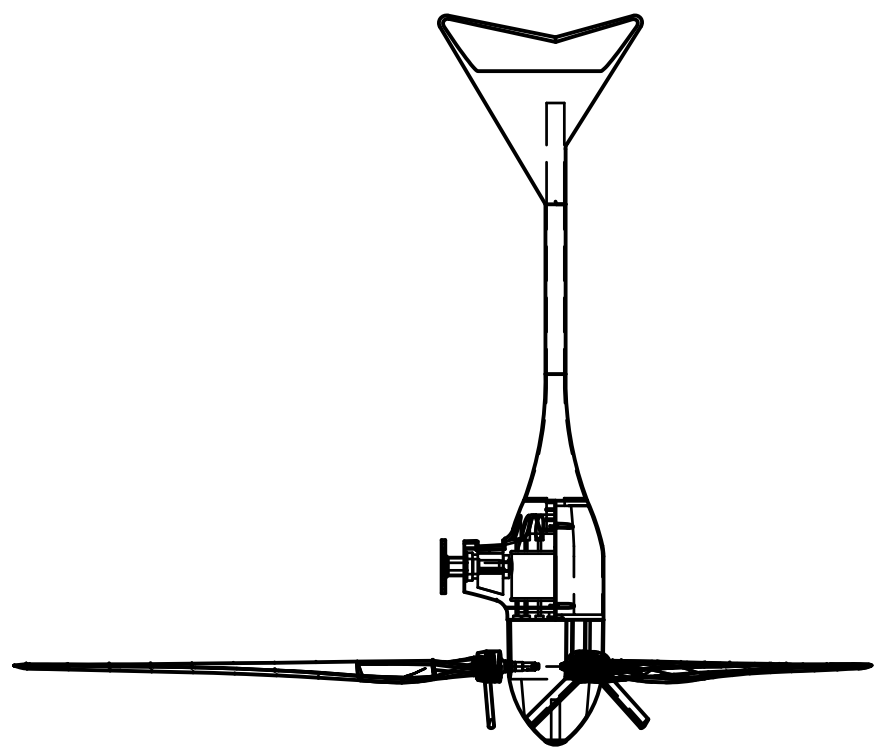
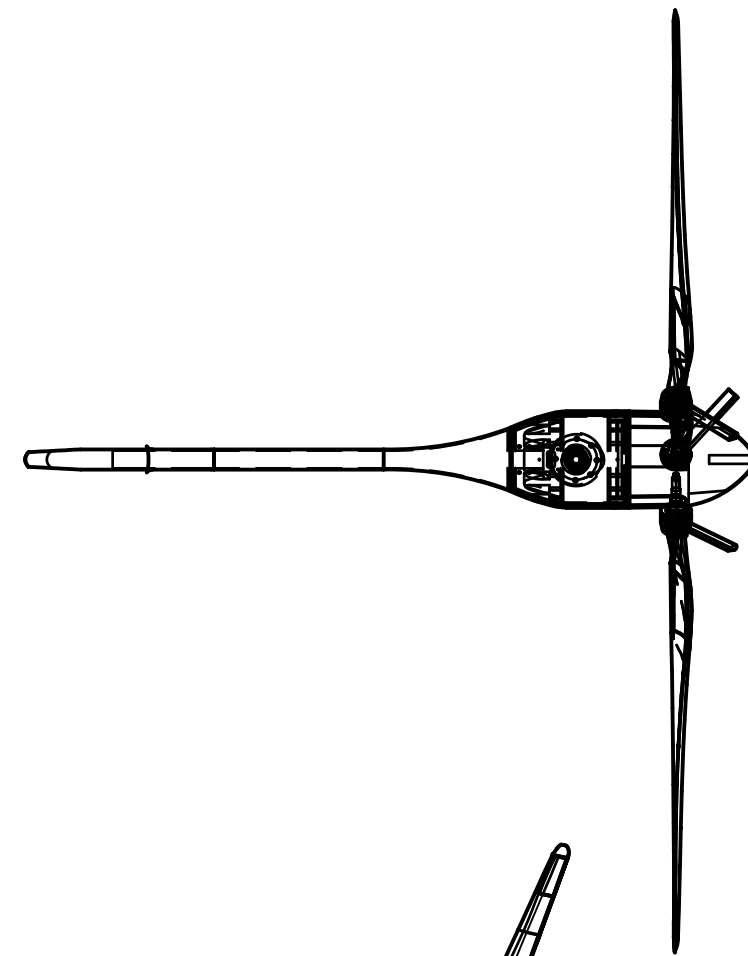
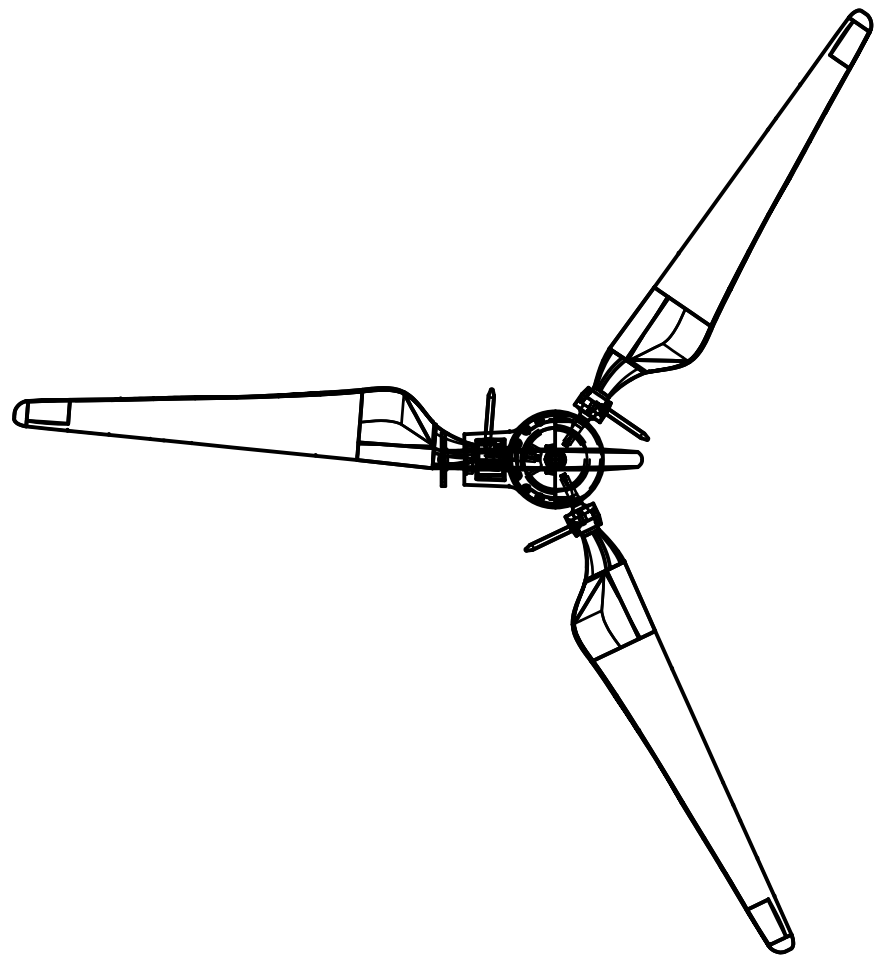
Cargo :

(Vº Bº Autoridades locales)

Nombre :

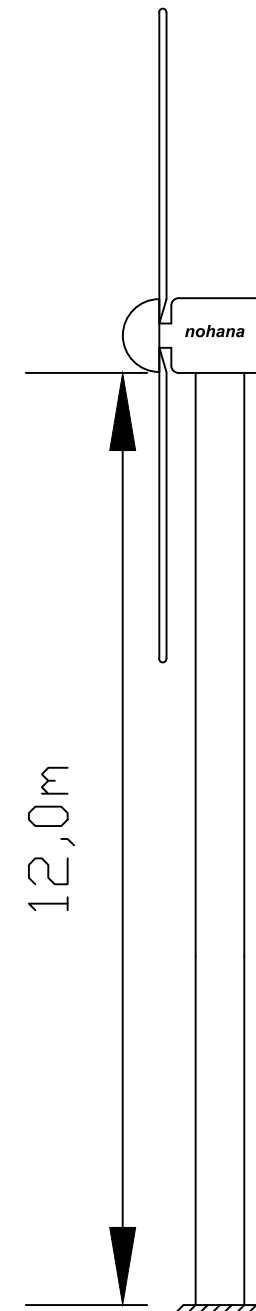
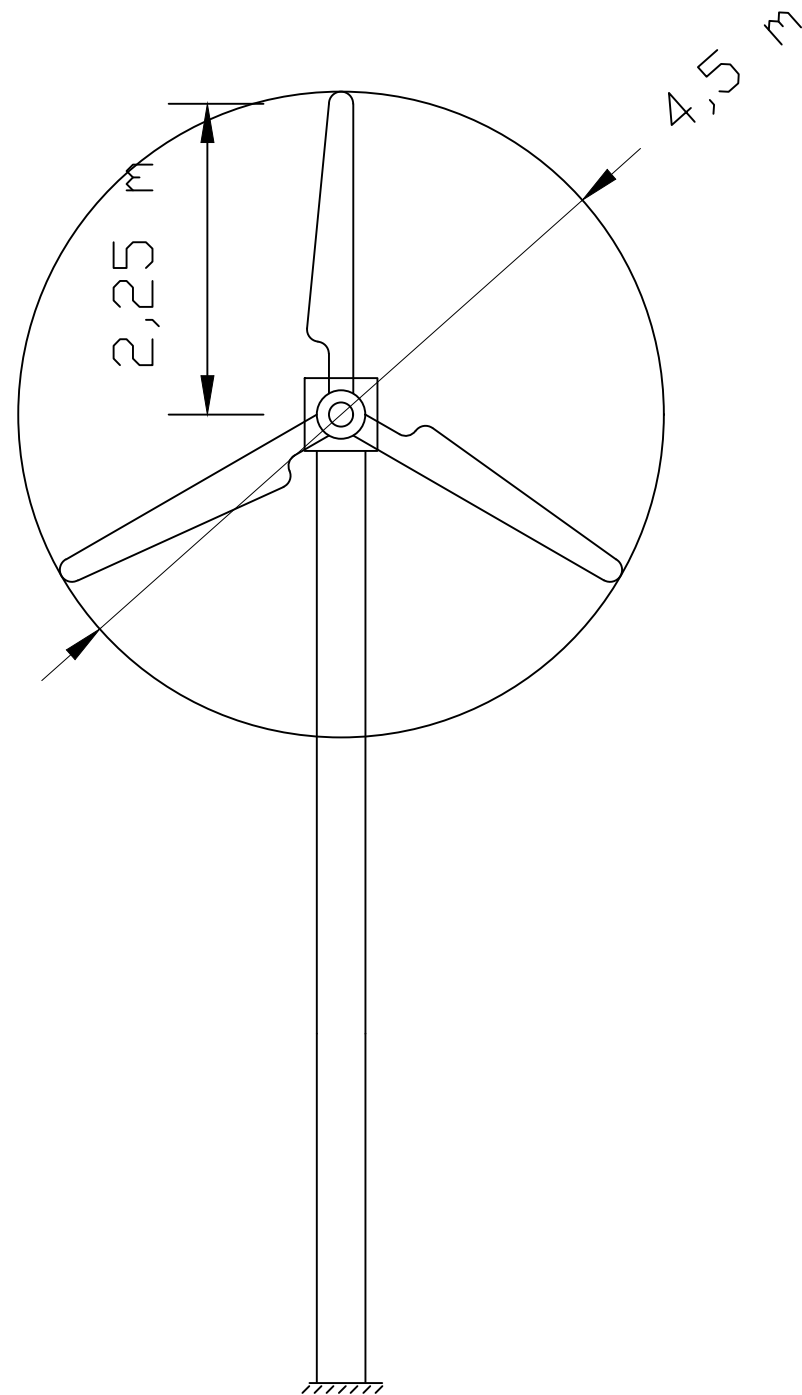
Cargo :

NOTA : Anexar a esta ficha estadística, fotos con vistas panorámicas de la localidad.



Dib: S.R.H	Dpto: LA LIBERTAD	ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA	UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO FACULTAD DE INGENIERÍA	
Dis: S.R.H	Prov: OTUZCO	Integrantes: SILER REGALADO HERRERA		
Rev:	Dist: SINSICAP	Plano: DETALLE DE AEROGENERADOR	"EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA LA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD UTILIZANDO LA ENERGÍA EÓLICA PARA LA HACIENDA MEMBRILLAR - LA LIBERTAD, OTUZCO, SINSICAP"	
Hoja: A3	Fecha: NOV 2015	Esc: S/E	PLANO: VISTAS DE AEROGENERADOR	Nº de Plano: LM-02

AEROGENERADOR "SERdeISUR - OUYAD" MODELO FD-3000 E



TORRE	
Torre monoposte:	12 m

GENERADOR	
Frecuencia:	60 Hz
Voltaje:	220 VCD
Tipo:	Trifásico de imanes permanentes
Eficiencia:	0.90

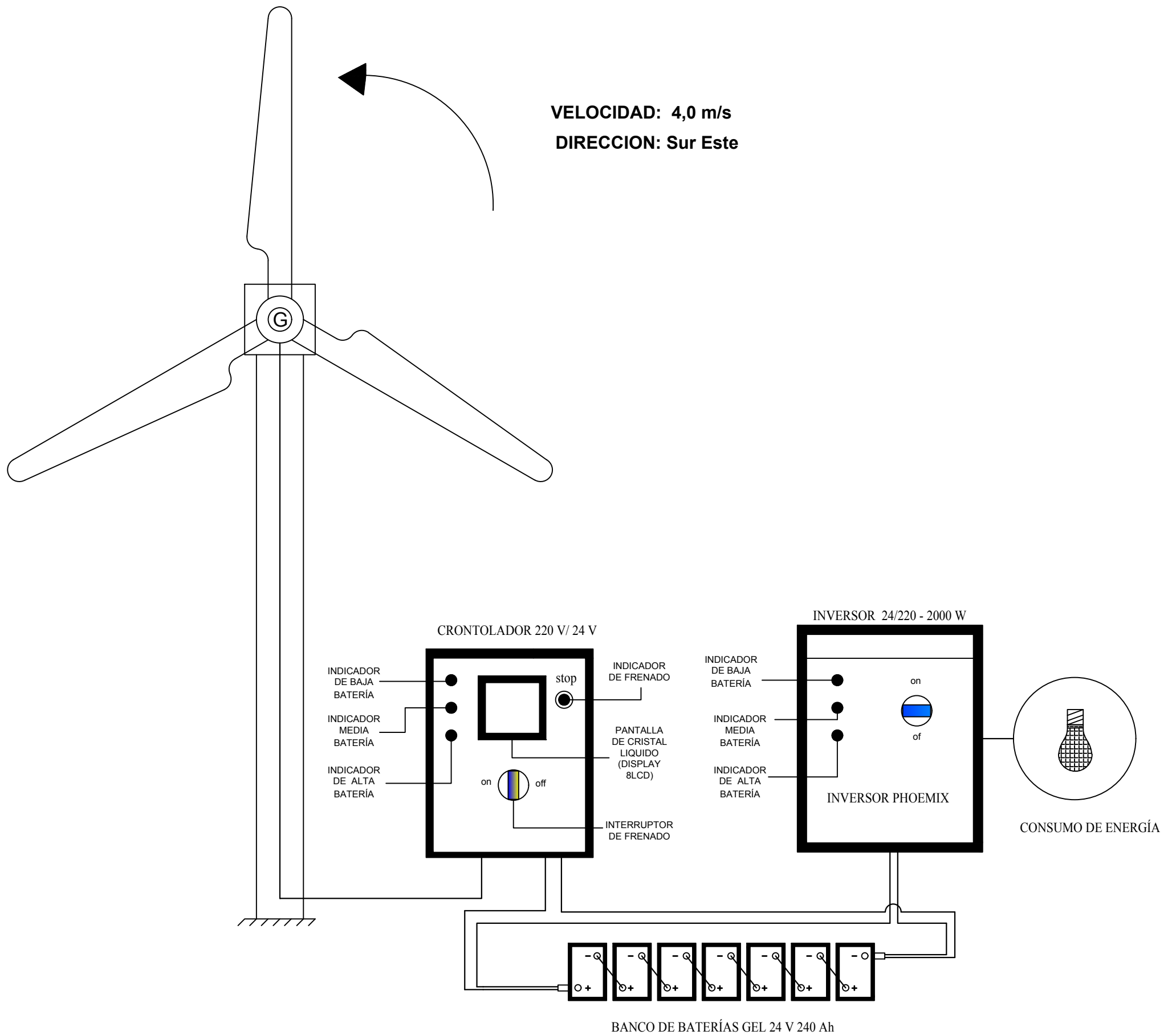
CARACTERISTICAS

TURBINA	
Potencia nominal:	3 Kw
Velocidad de inicio:	2.0m/s
Velocidad mínima:	2.0m/s
Velocidad máxima:	10 m/s
Resistencia el viento:	35m/s
Vida de diseño	20 años
Peso de Turbina:	125 kg

Dib: S.R.H	Dpto: LA LIBERTAD	ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECÁNICA ELÉCTRICA	UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO FACULTAD DE INGENIERÍA	
Dis: S.R.H	Prov: OTUZCO	Integrantes: SILER REGALADO HERRERA	"EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA LA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD UTILIZANDO LA ENERGIA EÓLICA PARA LA HACIENDA MEMBRILLAR - LA LIBERTAD, OTUZCO, SINSICAP"	
Rev:	Dist: SINSICAP	Plano: DETALLE DE AEROGENERADOR		
Hoja: A3	Fecha: NOV 2015	Esc: S/E	PLANO: AEROGENERADOR	Nº de Plano: LM-01

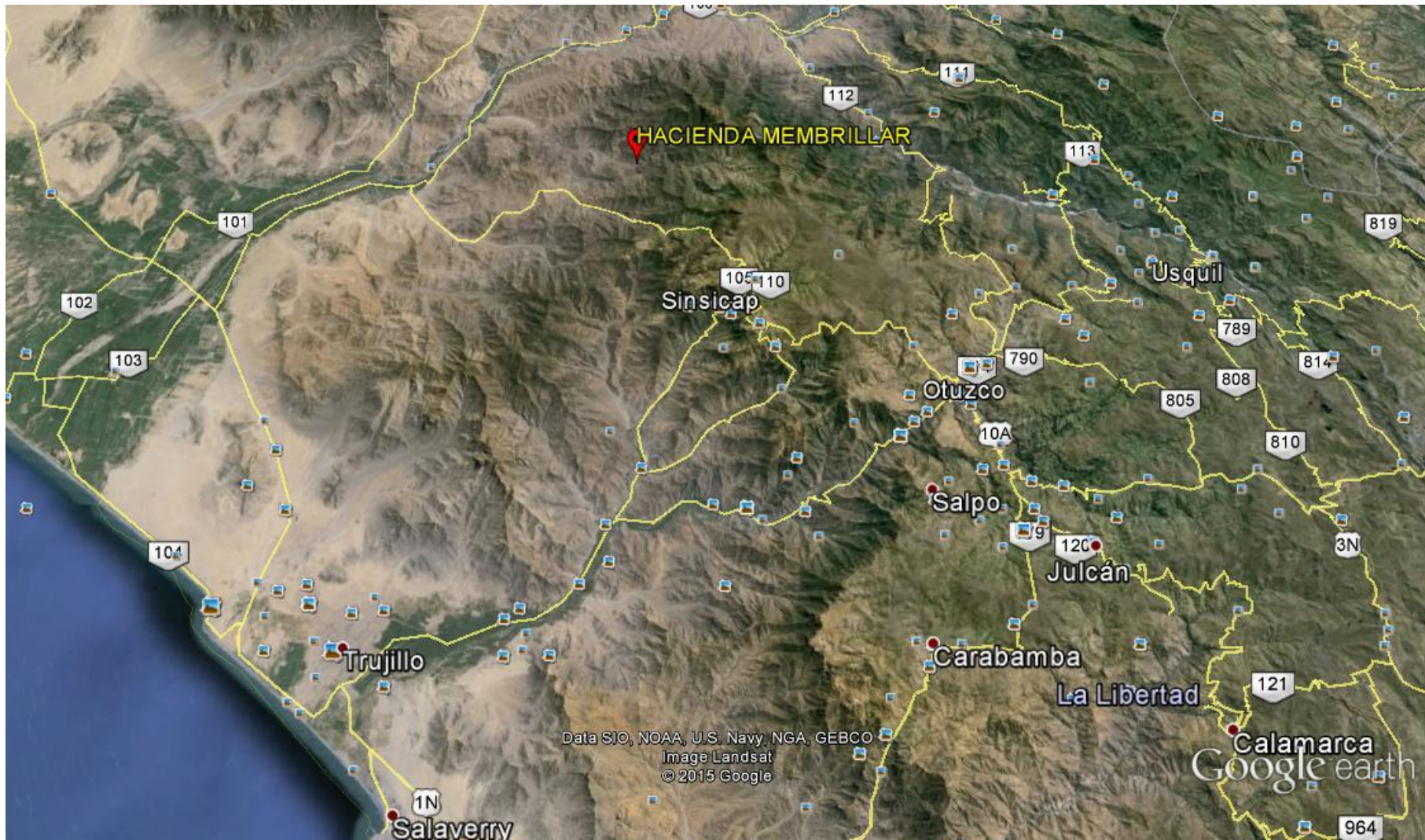
ANEXO N°05

ESQUEMA DE SISTEMA DE GENERACIÓN



Dib: SRH	Dpto: LA LIBERTAD	ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA	UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO FACULTAD DE INGENIERÍA	
Dis: SRH	Prov: OTUZCO	Tesista: SILER REGALADO HERRERA	"EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA LA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD UTILIZANDO LA ENERGÍA EÓLICA PARA LA HACIENDA MEMBRILLAR - LA LIBERTAD, OTUZCO, SINSICAP"	
Rev:	Dist: SINSICAP	Plano: DETALLE DE AEROGENERADOR	PLANO: ESQUEMA DE INSTALACIÓN DEL AEROGENERADOR	N° de Plano: LM-03
Hoja: A3	Fecha: NOV 2015	Esc: S/E		

ANEXO N°05: PLANO DE UBICACIÓN DEL CENTRO POBLADO HACIENDA MEMBRILLAR DEL DISTRITO DE SINSICAP, PROVINCIA DE OTUZCO, DEPARTAMENTO LA LIBERTAD



ANEXON°06: UBICACIÓN DEL AEROGENERADOR EN HACIENDA MEMBRILLAR

